HUGUES L.

OCEANOGRAFIA

PICC. BIBL. DI SCIENZE MOD. N.

FRAT. BOCCA EDITORI

Ex-libris
Charles Atwood
Kofoid

LUIGI HUGUES

OCEANOGRAFIA

TORINO
FRATELLI BOCCA, EDITORI
MILANO - ROMA - FIRENZE
1901

PREFAZIONE

In questo piccolo libro non si discorre di tutti gli argomenti della Oceanografia, sì soltanto, come appare dall'Indice delle materie, di quelli che toccano alla Oceanografia *statica*. Nulla vi si dice della parte *dinamica*, la quale tratta specialmente del movimento ondoso del mare, del fenomeno delle maree, delle correnti marine, e delle importanti conseguenze che ne derivano. Questi capitoli saranno, forse, oggetto di un secondo volume. Ma intanto i numerosi lettori della *Piccola Biblioteca di Scienze moderne* troveranno — speriamo tra breve — un'ampia messe di informazioni intorno al secondo dei detti movimenti nel lavoro cui sta ora attendendo l'egregio O. Zanotti Bianco, autore dell'apprezzatissima opera IN CIELO, colla quale la *Piccola Biblioteca* si presentò, nel 1897, al pubblico studioso.

Anche negli studi di Oceanografia la Germania tende sempre più, da alcuni anni in qua, a pri-

meggiare sugli altri Paesi. E ciò si avverte, non solamente nel campo *teorico*, ma eziandio *praticamente*, come è dimostrato dalle grandi spedizioni scientifiche della *Gazelle* e del *Valdivia*, forse non inferiori, per gli splendidi risultamenti ottenuti in tutti i rami della Geografia fisica del mare, a quella inglese del *Challenger*. Nessuna meraviglia pertanto, se nelle numerose citazioni a piè di pagina compaiono di preferenza, in questo libro, nomi di rinomati Geografi ed Oceanografi di quella Nazione. Nondimeno, abborrente dalle meschine esclusioni, non ho tralasciato di trarre profitto da quelle altre spedizioni che maggiormente contribuirono, colle tre ricordate, ai progressi di una scienza che, per sua natura, è appunto eminentemente progressiva, perchè fondata sui risultamenti di continue ed accurate osservazioni, tanto più importanti ed attendibili in questi tempi, nei quali la fisica e la meccanica pongono a disposizione degli Oceanografi un numero grande di sottili e precisi strumenti, diretti alla misura delle profondità, alla determinazione delle temperature anche nei più profondi abissi, dei gradi di salsedine, dei pesi specifici, ecc. E così, tra le spedizioni non tedesche, si vedranno notate, oltre a quella inglese del *Challenger*, le spedizioni pure inglesi del *Porcupine*, della *Dacia* e del *Pinguin;* le spedizioni americane del *Tuscarora*, del *Blake*, dell'*Enterprise*, dell'*Essex*, dell'*Albatross;* quelle italiane del *Washington* e della *Vettor Pisani;* la spedizione norvegese del *Vöringen;* quella austriaca del *Pola*, e pa-

recchie altre, di cui sarebbe qui inutile la enumerazione.

Nello esporre i risultamenti teorici e pratici di tutti questi lavori mi sono attenuto quasi sempre a quanto ne deducono i più rinomati Oceanografi: tuttavia, quando mi è parso opportuno, non ho creduto di mancare alla reverenza dovuta a uomini insigni, quali Ermanno Wagner, Otto Krümmel, John Murray ed altri, coll'esprimere opinioni diverse dalle loro, e coll'avvertire alcune inesattezze, del resto ben lievi e, direi quasi, trascurabili, che qua e là si incontrano nei loro scritti.

Quanto alle unità di misura, ho adottato il metro per le altitudini tanto positive quanto negative, pure notando, in molti luoghi, in piedi inglesi (1 p. = m. 0,3048) le altitudini positive, ed in braccia inglesi (m. 1,82077) le altitudini negative. Avverto inoltre che tutte le longitudini sono riferite al meridiano fondamentale dell'Osservatorio di Greenwich, e che, a meno di indicazione contraria, le temperature sono date secondo il termometro di Celsius.

Nell'*Appendice* sono poi accennate alcune cose che, pure non essendo prive di interesse, non avrebbero trovato nelle altre pagine un posto adeguato.

Ed ora, un'ultima osservazione di ordine più soggettivo.

Il 4 di settembre di questo anno consegnavo alla benemerita Casa Editrice dei Signori Fratelli Bocca il manoscritto del piccolo lavoro che ora vede la luce, e nell'ultima pagina del quale, a

proposito della spedizione della *Stella Polare* posta sotto gli ordini di S. A. R. il Principe Luigi Amedeo di Savoia Duca degli Abruzzi, escivo nelle seguenti parole: " Che la fortuna sia propizia a " Lui ed ai Suoi valorosi compagni, e possa il " Suo nome essere ricordato con onore, nella " Storia delle esplorazioni polari, a lato di quelli " di un Parry, di un Giacomo Ross, di un Norden- " skiöld e di un Nansen! ". Pochi giorni dopo, giungeva la fausta notizia del felice arrivo del Principe al porto norvegese di Hammerfest, e degli splendidi risultamenti della spedizione (1). Il voto modesto, dettato dalla più viva ammirazione per l'Augusto Esploratore, e, insieme, dall'amore grandissimo per tutti quegli studi che procurano alla Geografia positiva progressi ognora crescenti, veniva così ad essere esaudito nell'una e nell'altra parte. Le parole più sopra trascritte avrebbero, con ciò, potuto parere fuori di luogo: pur tuttavia non mi decisi a toglierle, sia perchè in esse era palese il desiderio — diviso, del resto, da tutti gli Italiani — che anche nelle lontane regioni del Nord sventolasse gloriosa la bandiera nostra, per tanti anni estranea alla Storia delle esplorazioni

(1) Oltre alle osservazioni scientifiche, le quali si annunciano numerose e di grande importanza, è noto che nella sua ardita escursione in islitte il capitano Umberto Cagni, accompagnato dal Canepa, dal Petigax e dal Fenouillet, giunse (sotto il meridiano orientale di circa 65°) alla latitudine di 86° 33′, superiore di 0° 19′ a quella toccata dal grande esploratore Fridtjof Nansen.

polari; sia per rendere ragione della mancanza di alcuni dati oceanografici, i quali, già sin d'ora, avrebbero potuto essere notati in questo libro, deducendoli dalle brevi relazioni sin qui pubblicate in parecchi periodici nostri e stranieri (1).

(1) *Geographische Mitteilungen*, 1900, pag. 219; — *Rivista marittima*, 1900, fascicolo di ottobre, pag. 5-24; — *Bollettino della Società Geografica Italiana*, 1900, pag. 956-961; — *Deutsche Rundschau für Geographie und Statistik*, volume XXIII, pag. 45; — *La Géographie*, fascicolo di ottobre 1900, pag. 332-335 del vol. 2°; — *Rivista Geografica Italiana*, 1900, pag. 529-539.

Casale di Monferrato, novembre 1900.

LUIGI HUGUES.

CAPITOLO I.

La distribuzione delle terre e delle acque sulla superficie della Terra.

Il corpo terrestre è circondato, tutto all'intorno, da un involucro gassoso, detto *atmosfera* (letteralmente *sfera di vapori*), il cui limite superiore è determinato da una superficie sferoidale, probabilmente più schiacciata di quella del corpo terrestre. Un secondo inviluppo, detto *idrosfera*, non circonda tutto il corpo terrestre, ma solo localmente e ristretto a certe regioni, per vero estesissime. Comunemente si dà all'idrosfera il nome di *Oceano* ('Ωκεανός dei Greci) forse derivato dal fenicio *og* che significa circondante ogni cosa (1). Diversamente dall'atmosfera e dall'idrosfera si presenta la *litosfera* (λίθος, pietra), composta di solide masse, la quale a guisa di una corteccia non interrotta si estende tra l'atmo-

(1) Ritter, *Geschichte der Erdkunde*, pag. 21.

sfera e l'idrosfera dall'un lato, e l'interno del corpo terrestre — molto probabilmente una massa ignea — dall'altro: donde il nome che le si dà eziandio di *corteccia terrestre* o di *crosta terrestre.*

Solo una parte, relativamente piccola, della litosfera emerge, come *terraferma*, dalla idrosfera, e punto radunata in una sola massa, bensì scomposta in innumerabili parti — di cui le maggiori sono dette *continenti* — da bacini, più o meno estesi, della idrosfera, i quali, circondandole per ogni lato, ne determinano la forma nel senso orizzontale.

Sino al parallelo 80° nell'emisfero boreale, e al parallelo 60° nell'emisfero australe, a partire dalla linea equatoriale, riesce possibile, per ogni zona dell'ampiezza di un grado in latitudine, determinare con una grande approssimazione i rapporti tra le aree dell'idrosfera e quelle delle parti emerse della litosfera. Ecco, secondo Ermanno Wagner (1), quali sarebbero per ciascuna zona di 10 gradi le aree delle terre e delle acque espresse in chilometri quadrati:

(1) *Areal und mittlere Erhebung der Landflächen, sowie der Erdkruste,* nel 2° volume della collezione *Beiträge zur Geophysik* diretta dal dottore Gerland, pag. 667-772.

A) Emisfero Nord.

Zone	Aree	Aree delle terre	Aree delle acque	Rap. delle acque alle terre
70°-80°	11.595.000	3.343.000	8.252.000	2,46
60-70	18.905.000	13.491.000	5.414.000	0,4
50-60	25.606.000	14.582.000	11.024.000	0,75
40-50	31.496.000	16.485.000	15.011.000	0,91
30-40	36.404.000	15.581.000	20.823.000	1,34
20-30	40.198.000	15.122.000	25.076.000	1,65
10-20	42.779.000	11.249.000	31.530.000	2,80
0-10	44.085.000	10.049.000	34.036.000	3,38
Totali	251.068.000	99.902.000	151.166.000	Rap. = 1,51

B) Emisfero Sud.

Zone	Aree	Aree delle terre	Aree delle acque	Rap. delle acque alle terre
0-10°	44.085.000	10.431.000	33.654.000	3,22
10-20	42.779.000	9.437.000	33.342.000	3,53
20-30	40.198.000	9.311.000	30.887.000	3,32
30-40	36.404.000	4.167.000	32.237.000	7,73
40-50	31.496.000	996.000	30.500.000	30,6
50-60	25.606.000	205.000	25.451.000	124
Totali	220.568.000	34.547.000	186.021.000	Rap. = 5,38

Dal parallelo 80° boreale al parallelo 60° australe si hanno adunque 134.449.000 chilometri quadrati per le terre, e 337.187.000 chilometri quadrati per le acque oceaniche. Le prime stanno alle seconde come 1 a 2,51.

Nella calotta boreale che si estende dal parallelo 80° al polo l'area delle terre è di 381.000 chilometri quadrati, così divisi:

Terra di Francesco Giuseppe. . .	50.000
Spitzbergen (parte delle)	6.000
Parte della Groenlandia	200.000
Terre di Grinnell e di Grant. . .	125.000

Dal parallelo 60° australe al polo sud si conosce in oggi una estensione complessiva di terre emerse di 900.000 chilometri quadrati, di cui 450.000 tra i paralleli 60° e 70° e 450.000 dal parallelo 70° al polo sud. Queste terre australi sono le seguenti:

A) Zona dal 60° al 70°:

Isole Orcadi australi e Shetland australi	4.000
Terra di Graham	250.000
Isole Enderby.	30.000
Terra di Wilkes	166.000

B) Zona dal parallelo 70° al polo Sud:

Continuazione della Terra di Graham. .	150.000
Terra Victoria	300.000

Il complesso delle terre esplorate è adunque di 135.730.000 chilometri quadrati (134.449.000 + 381.000 + 900.000). Nella ipotesi, che tutto il resto delle zone dal parallelo 80° boreale al polo nord, e dal 60° australe al polo sud sia occupato dalle acque, l'area totale dell'Oceano sarebbe di 374.270.000 chil. quad. (510.000.000 — 135.730.000), e il rapporto delle terre e delle acque risulterebbe di 1 a 2,757.

Questa ipotesi del dominio pressochè assoluto del mare nei distretti polari è accettata da geografi insigni, tra cui Alessandro di Humboldt,

Carlo Ritter ed Ermanno Wagner (1), ed è anche quella comunemente adottata nei manuali di Geografia. Essa è, di tutte, la più prudente, ed ha il vantaggio, che le future scoperte ed esplorazioni potranno bensì aumentare il rapporto 1:2,76, ma non mai diminuirlo, mentre i rapporti cui si è condotti da altre ipotesi possono essere soggetti a diminuzione e ad aumento. E qui non sarà inutile esaminare alcune di queste ipotesi, incominciando da quella propugnata dal dottore Otto Krümmel (2).

Secondo l'egregio autore, è logico ammettere che tra le terre e le acque degli spazi ancora inesplorati esista il medesimo rapporto, al quale si è condotti tenendo conto soltanto della parte bene conosciuta della superficie terrestre. Ora, l'area delle parti affatto sconosciute è di 23 milioni di chilometri quadrati, di cui 6 milioni nella regione artica e 17 nella regione antartica (2): la distribuzione delle terre e delle acque non ci è adunque nota che sopra una superficie di 487 milioni di chil. q. (510.000.000 — 23.000.000).

---

(1) Humboldt, *Cosmos*, vol. I, pag. 239 della edizione francese per cura del Faye; Ritter, *Allgemeine Erdkunde*, pag. 45; Wagner nella 5ª edizione del *Lehrbuch der Geographie* di H. Guthe, pag. 51 del 1° volume.

(2) O. Krümmel, *Der Ozean*, pag. 2; *Die Temperaturverteilung in den Ozeanen* nel volume VI del periodico *Zeitschrift für wissenschaftlichen Geographie*, pag. 34.

(3) Secondo il Dottore Alessandro Supan (*Geogr. Mitt.* 1897, vol. 43, pag. 17) le aree respettive sarebbero di 5 milioni e di 21.400.000 ch. quadrati.

Di questa superficie, 136.000.000 toccano alle terre e 351.000.000 alle acque, donde il rapporto di 1 : 2,58. Applicando questo medesimo rapporto ai 23 milioni di chilometri quadrati, dei quali non si sa assolutamente nulla, le acque vi sarebbero rappresentate da 16.575.420, e le terre da 6.424.580 chilometri quadrati. E così l'area delle terre viene ad essere di chilometri quadrati 142.424.580, e quella delle acque di chq. 367.575.420.

Che non si possa, senza peccare di troppo arbitrio, estendere agli spazi ancora inesplorati il rapporto di 1 a 2,58 chiaramente si desume dai quadri *A* e *B* della pagina 3. All'infuori delle due zone boreali 70° - 80° e 10° - 20°, nelle quali il rapporto delle acque alle terre è rispettivamente 2,46 e 2,80, in tutte le altre il rapporto delle parti liquide alle solide è ben diverso, e in due di esse sale a 30,6 e a 124. L'ipotesi del Krümmel non si può adunque accettare.

Lo stesso si dica della ipotesi del dottore Karstens (1). Il quale calcola a 4.898.240 chilometri quadrati l'area dei distretti ancora inesplorati nell'alto nord, ed ammette che il 27 per cento rappresenti colà il complesso delle terre emerse. E lo stesso egli fa per la calotta australe dal 70° parallelo al polo sud, per la ragione, che in tutto il resto della superficie terrestre il

(1) *Eine neue Berechnung der mittleren Tiefe der Ozeane nebst einer vergleichenden Kritik der verschiedenen Berechnungsmethoden*, Kiel, 1894.

'apporto fra le terre e le acque è 27 : 73 (= 1 : 2,70), l che veramente non è proprio esatto.

I risultamenti cui venne condotto il Karstens sono indicati nel seguente prospetto:

Zone	Acque (1)	Terre	
Zona polare boreale	12.780	8.534	(di cui 1.350 di terre ipotetiche).
66° 1/2-60°	3.096	9.997	
60°-50°	11.014	14.592	
50-40	14.968	16.528	
40-30	20.854	15.550	
30-20	25.105	15.093	
20-10	31.486	11.293	
10-0	34.063	10.022	
0-10° Sud	33.641	10.444	
10-20	33.332	9.447	
20-30	30.863	9.335	
30-40	32.184	4.220	
40-50	30.486	1.010	
50-60	25.444	162	
60-66° 1/2	13.078	15	
Zona polare australe	15.630	5.680	(di cui 4.186 di terre ipotetiche).
Totali	368.024	141.922	

Rapporto delle terre alle acque = 1 : 2,59.

Il Murray (2) considera come occupata per intero dal mare la parte inesplorata nei dintorni del polo nord, ed anzi riduce a 291 mila chilometri quadrati l'area delle terre conosciute dall'80° parallelo al polo. Per contro, ammette

---

(1) Le aree sono in migliaia di chilometri quadrati.

(2) *On the Height of the Land and the Dept of the Ocean*, nel vol. IV (1888) dello *Scott. Geogr. Magazine*, pag. 1 e seg.

la esistenza di una *Terra antartica*, dell'area di 9.000.000 di chilometri quadrati, della quale sarebbero altrettante parti la Terra di Graham colla Terra Alessandro, la Terra di Enderby, la Terra di Wilkes e la Terra Victoria (1). Lo stesso autore dà al complesso delle terre l'area di 142.148.000 chilometri quadrati, e allo sferoide terrestre quella di 497.542.300 chilometri quadrati invece di 509.950.714 (secondo il Bessel) (2): l'area dell'Oceano risulta di chilometri quadrati 355.394.400 ed il rapporto delle terre alle acque come quello di 1 a 2,50.

Che nella calotta polare dall'80° parallelo al polo nord predomini l'elemento liquido, e che tra la Terra di Francesco Giuseppe e le Spitzbergen dall'un lato, la Groenlandia dall'altro, non esista alcuna grande massa di terre emerse, è provato dal trasporto dei resti della sventurata spedizione della *Jeannette* (anno 1881) dai dintorni delle isole della Nuova Siberia alla costa orientale della Groenlandia. Concorrono a questa prova le condizioni delle correnti marine in quella calotta polare, sulle quali si fondò specialmente la recente spedizione del Nansen, ed il fatto che, secondo le esplorazioni del Peary e del Greely. tanto la Groenlandia quanto la terra di Grant non si avanzano di molto verso il polo. Del resto,

---

(1) Wagner, *Mem. cit.*, pag. 707.

(2) Penck, *Die mittlere Höhe des Landes und die mittlere Tiefe des Meeres*, nelle *Geographische Mitteilungen*, 1889. pag. 17.

come bene osserva il Drygalski (1), le condizioni delle parti più boreali del mare polare artico sono ora ben conosciute. " Intorno al polo nord è un mare profondo, il quale solamente verso il suo limite meridionale è interrotto da gruppi insulari, altrettanti avamposti dei continenti settentrionali ". Pare adunque che, se in un tempo più o meno lontano la geografia positiva sarà per arricchirsi della scoperta di qualche altra terra polare, questa non sarà talmente grande da modificare sensibilmente il rapporto di 1 a 2,76. Tuttavia opina Ermanno Wagner che, per non togliere troppo spazio alle probabili scoperte di altri paesi artici, si possa ammettere, senza cadere nella esagerazione, che quelle terre ipotetiche abbiano un'area doppia di quella già realmente conosciuta, con che si giungerebbe all'area totale di 1.000.000 chilometri quadrati (2).

Quanto alla calotta australe dal 60° parallelo al polo, il Wagner osserva primieramente che la estensione della Terra di Wilkes sino al parallelo 70°, estensione per vero non accertata ma molto probabile, autorizza a fissare in 1 milione di chilometri quadrati l'area delle terre australi tra il 60° e il 70° parallelo. In secondo luogo, per la estrema calotta polare — dal 70° paral-

---

(1) Erich von Drygalski, *Ueber die wissenschaftliche, praktische und nationale Bedeutung der Deutschen Südpolar-Expedition*, nelle *Verhandlungen* della Società geografica di Berlino, vol. XXVI, 1899, pag. 65.

(2) Wagner, *Mem. cit.*, pag. 708.

lelo al polo — la cui area è di 15.503.000 chilometri quadrati, egli ammette che una metà di essa, 8 milioni di chilometri quadrati in numeri rotondi, sia occupata dalla terraferma, con che si giungerebbe all'area della Terra antartica del Murray (1).

Ora, la calotta dall'80° parallelo al polo ha un'area di 3.908.000 chilometri quadrati: 1 milione di chilometri quadrati rappresenterebbe nell'emisfero nord, secondo l'ipotesi del Wagner, l'area delle terre, e perciò il mare lo sarebbe da 2.908.000 chilometri quadrati. Per l'emisfero boreale si ottiene così:

Area delle terre = 100.902.000 ch. q. (99.902.000 + 1.000.000)
Area delle acque = 154.074.000 ch. q. (151.166.000 + 2.908.000)

Nella calotta australe 60°-90°, avente un'area di 34.408.000 chilometri quadrati, si avrebbero 9.000.000 chilometri quadrati per le terre e 25.408.000 per le acque. Per l'emisfero australe si avrà pertanto:

Area delle terre = 43.547.000 ch. q. (34.547.000 + 9.000.000)
Area delle acque = 211.429.000 ch. q. (186.021.000 + 25.408.000)

E infine per tutta la superficie terrestre:

Area delle terre = 144.449.000 ch. q.
Area delle acque = 365.503.000 „

Donde il rapporto 1 : 2,54.

L'illustre geografo di Göttingen ripete questi dati numerici nella sesta edizione del suo *Lehr-*

(1) WAGNER, *Mem. cit.*, pag. 708.

buch der Geographie (Vol. 1, pag. 238) avvertendo che nello stato attuale delle nostre cognizioni " nach unsern heutigen Kenntnissen " si può ammettere per le terre l'area di 144.500.000 e per le acque quella di 365.500.000 chilometri quadrati. Però, prudente e circospetto secondo il suo solito, egli aggiunge: " Nelle aree predette 9 " milioni di chilometri quadrati sono, nei distretti " polari sconosciuti, applicati alle terre e 12 mi- " lioni al mare. Se limitiamo il calcolo alle re- " gioni meglio esplorate tra l'80° Nord ed il 70° " Sud, risulta il rapporto 1 : 2,62 (135.500.000 : " 355.100.000), ovvero quello di 3 a 8 ". E questa restrizione è necessaria, non essendo per nulla provata in modo indiscutibile la esistenza di una grande massa continentale nella calotta australe dal 70° parallelo al polo. Dalla natura delle rocce trasportate dai ghiacci galleggianti e di quelle giacenti nel fondo del mare il Murray ha creduto di poter dedurre che esse non possano altrimenti provenire che da una massa continentale. Ma è anche possibile, per altro lato, che di questa massa non esistano più che frammenti sotto forma di isole. Insomma, il problema geografico fondamentale, se nella regione antartica esista un continente, sino ad oggi sconosciuto, nel quale, come solamente succede nei continenti, si presenti tutta una serie di fenomeni fisici e biologici, ovvero le terre non sieno che isole o gruppi di isole, è ancora ben lungi dal principio di una soluzione soddisfacente. Ad ogni modo possiamo conchiudere che il rapporto

delle terre alle acque è compreso tra 1 : 2,54 e 1 : 2,76.

Prima di chiudere questo argomento, credo utile fissare l'attenzione del lettore sulla distribuzione delle terre e delle acque a seconda dei fusi meridiani di 10 in 10 gradi, calcolata dal Dottore A. v. Tillo (1), non tenuto calcolo della calotta boreale dall'80° parallelo al polo e della calotta australe 70°-90°. Ecco i risultamenti cui venne condotto l'egregio autore.

A) Emisfero tra 200° Ov. e 20° Ov. da Greenwich

Longitudini occid.	Terre (p. %)	Acque (p. %)
200-190	6	94
190-180	5	95
180-170	1	99
170-160	2	98
160-150	5	95
150-140	3	97
140-130	5	95
130-120	12	88
120-110	23	77
110-100	30	70
100-90	28	72
90-80	22	78
80-70	43	57
70-60	47	53
60-50	37	63
50-40	25	75
40-30	8	92
30-20	3	97

(1) *Verteilung von Land und Wasser auf der Erdoberfläche für den Meridianstreifen von 10 zu 10 Graden*, nelle *Geographische Mitteilungen*, 1895, pag. 96-97.

B) Emisfero tra 20° Ov. e 160° L. da Greenwich.

Longitudini		Terre	Acque
20-10	Ov.	11	89
10-0	"	31	69
0-10	Est	34	66
10-20	"	56	44
20-30	"	69	31
30-40	"	59	41
40-50	"	46	54
50-60	"	29	71
60-70	"	27	73
70-80	"	36	64
80-90	"	33	67
90-100	"	36	64
100-110	"	44	56
110-120	"	44	56
120-130	"	37	63
130-140	"	34	66
140-150	"	29	71
150-160	"	9	91

Da questi due quadri si deduce che le percentuali delle terre e delle acque sono rispettivamente 17 e 83 per l'emisfero dal 200° occidentale al 20° occidentale (da Gr.), e 36,9 e 63,1 per l'emisfero dal 20° occidentale al 160° orientale. Siccome non si tien calcolo della zona boreale dall'80° al polo (area = 3.907.590 chilometri quadrati) e della zona australe dal 70° al polo (area = 15.502.468 chq.), rimangono 490.589.942 chilometri quadrati, sui quali le terre sono rappresentate da 53,9 e le acque da 146,1, donde il rapporto 1:2,71.

È notabile il fatto, che il rapporto massimo ed il rapporto minimo delle terre alle acque

nelle zone latitudinali di 10 gradi sono molto approssimativamente uguali al rapporto massimo ed al rapporto minimo nei fusi meridiani pure di 10 gradi. Si hanno di fatti i seguenti dati:

Massimo rapporto delle terre alle acque:

Nella zona latitudinale N. da 60° a 70° Terre 71 Acque 29
Nel fuso meridiano Or. da 20° a 30° Terre 69 Acque 31

Minimo rapporto delle terre alle acque:

Nella zona latitudinale S. 50° a 60° Terre 0,8 Acque 99,2
Nel fuso meridiano Oc. 180° a 170° Terre 1 Acque 99

Dai due prospetti inserti nella pagina 3 si riconosce che la distribuzione delle terre e delle acque è molto diversa a seconda delle zone latitudinali; così pure le une e le altre sono inegualmente distribuite rispetto ai fusi meridiani. Nella zona boreale compresa tra i paralleli 40° e 70° l'area delle terre giunge in media al 60 %, superando notabilmente quella delle acque: in tutte le altre zone latitudinali predomina l'Oceano tanto più quanto più ci avanziamo a mezzogiorno. Nell'emisfero boreale il 40 % circa è rappresentato dalle terre, il 60 % dalle acque: nell'emisfero australe, anche mettendo in conto 9.000.000 di chilometri quadrati per le terre antartiche, l'area delle terre giunge appena al 17 %.

Così pure nell'emisfero orientale rispetto al meridiano 20° occidentale (da Gr.) le terre sono assai più estese che nell'emisfero occidentale (37 % per il primo, 17 per il secondo).

Ciò che si è detto dei due emisferi boreale ed australe e degli emisferi orientale ed occidentale,

si dica delle coppie di emisferi riferentisi a qualunque altro circolo massimo: non si giungerà mai a far sì che le terre e le acque si equilibrino respettivamente nell'uno e nell'altro emisfero. Bensì sorge di per sè la questione: " A quale circolo massimo si riferiscono l'emisfero nel quale si raduna la massima parte delle terre, e quello essenzialmente oceanico? „ Molti geografi si occuparono della questione (1): ma non si andò punto d'accordo nel segnare la posizione del polo del circolo massimo di separazione. Sovente si sceglieva a quest'uopo una delle capitali dell'Europa, principalmente Parigi, quindi Londra, poscia anche Berlino, e nel secolo scorso persino Amsterdam, Nürnberg e Vienna. Solamente nella carta dello Stieler pubblicata nell'anno 1816, nell'atlante scolastico-metodico del Wagner, lavoro insigne del quale venne recentemente pubblicata la 9ª edizione, e nel grande Atlante dell'Andree il polo dell'emisfero tellurico è segnato, secondo il principio nettamente morfologico, sul meridiano stesso di Greenwich, e sul parallelo nord di 50°, cadendo così ad occidente del Passo di Calais. Nell'emisfero che diremmo *continentale* o *tellurico* le terre occupano 119.200.000 chilometri quadrati: nell'emi-

(1) Probabilmente il primo che indirettamente si occupò della questione fu il cartografo Boullanger nel suo Mappamondo del 1760. Citiamo ancora il Padre Chrysologue, il quale nel mappamondo del 1775 pone il polo dell'emisfero continentale in Parigi; Giovanni Bode nell'anno 1783, e l'idrografo Claret Fleurieu nelle sue *Observations sur la division hydrographique du globe* (anno 1802).

sfero *oceanico* la loro area è appena di 25.300.000 chilometri quadrati, compresi i 9 milioni di chilometri quadrati di terre ipotetiche.

Però, anche nel primo di questi emisferi l'area delle acque supera quella delle terre di 16.500.000 chilometri quadrati, pari a più di una volta e mezzo l'Europa: il nome che gli si dà, di *continentale* o di *tellurico*, si deve adunque intendere solo nel senso, che ad esso appartiene più che a qualunque altro la maggior parte delle terre emergenti.

Secondo il sig. Trelawny Saunders (1) il polo dell'emisfero tellurico è nell'incontro del parallelo 52° nord e del meridiano 6° orientale (da Greenwich). Il rapporto delle terre alle acque sarebbe, nell'emisfero tellurico, come quello di 1 a 1,105, e, nell'emisfero oceanico, 1 : 7,988.

Alberto Penck (2) dà al polo dell'emisfero tellurico la latitudine nord di 48° e la longitudine orientale (da Greenwich) di 1° 30′, ed il polo stesso viene così a porsi nelle vicinanze di Cloyes (nel dipartimento francese di Eure-et-Loir).

In una breve memoria pubblicata nel 1898, il dottore Otto Krümmel, appoggiandosi ad un lavoro del dottor Benthyen, dice che i punti meglio situati per servire di polo all'emisfero tellurico sono quelli della regione costiera della Francia sul golfo di Biscaglia, e tra essi è preferibile il

(1) A. DE LAPPARENT, *Traité de Géologie*, pag. 50.

(2) PENCK, *Morphologie der Erdoberfläche*, vol. I, pag. 105.

luogo di *Le Croisic*, poco lungi dalla foce della Loire (1).

Esaminando l'emisfero tellurico avente per polo il luogo d'incontro del meridiano di Greenwich col parallelo 50° Nord, si nota anzi tutto che le masse di terra si aggruppano tutto all'intorno del polo nord, contrariamente a quanto succede nell'emisfero australe, ove le masse continentali terminano, separate l'una dall'altra per enormi spazi, in sporgenze a forma di cuneo. Tra le latitudini boreali di 60 e 70 gradi la cintura continentale non è interrotta che in due luoghi, cioè nello stretto di Bering della larghezza di appena 111 chilometri, e nella apertura settentrionale dell'Atlantico, dalla Scandinavia alla Groenlandia, la quale ha bensì una larghezza di 1500 chilometri, ma è notabilmente ristretta da isole intermedie, tra cui le Faröer e l'Islanda. In quanto diverse condizioni si trovano invece le sporgenze meridionali delle masse continentali! Dal Capo Hoorn al Capo Agulhas sono 89 gradi di longitudine: dal meridiano del Capo Agulhas a quello del Capo Sud (Tasmania) si contano 137 gradi di longitudine; dal Capo Sud al Capo Hoorn 144 gradi (2).

(1) Krümmel, *Die Bestimmung des Pols der Landhalbkugel*, nelle *Geogr. Mitt.*, 1898, pag. 106. Veggasi pure *Bollettino della Società Geografica italiana*, 1899, pag. 315 a proposito della determinazione del dottore Benthyen.

(2) Supan, *Grundzüge der physischen Erdkunde*, 2ª edizione, pag. 25.

In secondo luogo si osserva, rispetto alle coste esterne delle grandi masse continentali, che la costa occidentale delle terre americane, molto povera di articolazioni, disegna, insieme col lembo orientale dell'Asia tanto ricco di gruppi insulari e con quello pure orientale dell'Australia, una figura che poco si allontana da una circonferenza massima della sfera terrestre. E siccome l'Australia si prolunga al sud colla Terra di Wilkes e colla Terra Victoria sino ai dintorni dell'80° parallelo australe, e l'America del Sud, a sua volta, colla Terra di Graham e colla Terra Alessandro, così osserva il Wagner (1) che la zolla antartica, se esiste, si può considerare come l'anello di unione tra il continente australiano ed il continente americano. Ed è appunto questo orlo esterno della grande massa continentale che divide dal resto della massa oceanica la maggior parte di questa, con ragione designata col nome di *Grande Oceano*.

È a notare, in terzo luogo, la sinuosa valle dell'*Atlantico*, la quale è, per così dire, scavata nel mezzo dell'emisfero tellurico, e divide la massa continentale in due parti, ciascuna non interrotta, che sono l'*Antico* ed il *Nuovo Continente*. In fine, tra l'Africa ad occidente e l'Australia ad oriente è il terzo dei grandi Oceani, il cosidetto *Oceano Indiano*. Esso si allarga sempre più nella direzione del sud, e comunica coll'Atlantico al sud dell'Africa per una zona di 30 gradi di latitudine.

(1) *Lehrbuch der Geographie*, vol. I, pag. 243.

e col Grande Oceano, al sud dell'Australia, per una zona di 20 gradi.

A proposito di questi tre principali Oceani osserva giustamente il Krümmel (1) che la loro distinzione, ben definita nell'emisfero settentrionale, si arresta, nell'emisfero meridionale, alla latitudine di 35° (quella approssimativa del Capo Agulhas). Probabilmente la massa liquida da questo parallelo 35° al polo sud non è interrotta di nuovo da terre emergenti che nel cuore degli spazi polari antartici. Si ha adunque una massa liquida nell'emisfero australe, la quale cinge tutta la Terra, senza che dal 55° (2) al 60° parallelo si incontri la più piccola massa di terre emergenti, mentre nelle latitudini boreali corrispondenti succede precisamente l'opposto.

---

(1) *Der Ozean*, pag. 8.

(2) Meglio sarebbe dire dal 56°, tale essendo la massima latitudine australe delle terre americane.

CAPITOLO II.

Divisione dell' Oceano.

La massa oceanica è *continua:* tutte le sue parti, cioè, comunicano direttamente o indirettamente le une colle altre (1). Tuttavia, per la disposizione stessa delle masse continentali e delle isole, l'Oceano si presenta, alla semplice ispezione di una carta generale, diviso in parecchie parti che i geografi distinguono con nomi diversi, gli uni tratti dalla Geografia classica, come quelli di Mare Interno o Mediterraneo, di Oceano Atlantico, di Oceano Indiano, di Mar Rosso, di Golfo Persico; gli altri introdotti nella nomenclatura oceanica col succedersi delle grandi scoperte ed esplorazioni geografiche, particolarmente

(1) B. VARENIUS, *Geographia generalis*, pag. 71: " Oceanus continuo tractu universam tellurem partesque terrestres ambit neque eius superficies per interpositas terras omnino alicubi interrumpitur, sed tantum latior continuitas et liber congressus impeditur ".

durante i secoli XVI e XVII, quali sarebbero i nomi di Mare od Oceano Pacifico, Mare del Sud, Golfo del Messico, Golfo del San Lorenzo, Baia di Hudson, Stretto di Davis, Baia di Baffin, Mare di Bering, Mare Vermiglio (Golfo di California), Golfo di Carpentaria, ed altri moltissimi. Ma, per lunghissimo tempo, la quasi assoluta ignoranza delle condizioni naturali delle diverse parti dell'Oceano ne rese impossibile una classificazione razionale, e pressochè tutto si ridusse ad una serie di nomi, i quali non raramente variavano a seconda del capriccio di questo o di quell'altro geografo, producendo così una confusione gravissima sotto il doppio aspetto teorico e pratico (1). E, cosa anco peggiore, nelle diverse carte di un medesimo atlante accadeva di vedere adottati nomi differenti per uno stesso bacino oceanico (2). Nessuna meraviglia pertanto se, nella sua *Geographia Generalis* pubblicata nell'anno 1650, il grande geografo tedesco Bernardo Varen (Va-

(1) Quantunque in misura assai più modesta, anche le carte moderne non vanno tutte esenti da questo grave inconveniente. Ad esempio, il mare situato tra l'isola Palavan a nord-ovest e le isole Sulù a sud-est, è detto da alcuni *Mare di Mindoro*, da altri *Mare di Sulù:* questo secondo nome è in alcune carte attribuito al bacino marittimo tra le isole Sulù e l'isola di Celebes, mentre in altre carte questo bacino è designato col nome di *Mare di Celebes.*

(2) Lo stesso si riscontra, per vero rarissimamente, in atlanti moderni. In quello, giustamente celebratissimo, di Ermanno Wagner, il mare al nord di Giava è detto *Java See* nella carta 39 e *Sunda See* nella carta 35.

renius), dopo avere trattato abbastanza diffusamente della divisione dell'Oceano mondiale, così si esprime intorno a questo argomento: " Res " non est magni momenti: sequatur quilibet quod " ipsi optimum videtur. Magis enim a nostra fi" ctione quam a Natura dependet haec divisio ".

Queste divisioni dipendenti, secondo il Varenius, più dalla fantasia dei Geografi che non dalla natura, dovevano ancora continuare per una lunga serie di anni. Basta qui ricordare, tra le principali, la divisione della massa oceanica secondo Filippo Buache, e, più ancora, quella proposta nell'anno 1803 dal celebre Corrado Malte-Brun, nella quale, secondo il giudizio del Krümmel, si raggiunse addirittura il colmo della confusione (1).

---

(1) *Versuch einer vergleichenden Morphologie der Meeresräume*, Lipsia, 1879, pag. 13. — La divisione proposta dal Malte-Brun, oltre all'essere confusa, manca, secondo me, di esattezza. Egli introduce nuovamente gli antichissimi nomi di Oceano orientale e Oceano occidentale, i quali, se avevano alcuna ragione di essere quando i Geografi dell'antichità e del Medio Evo si immaginavano la Terra abitata come raccolta in una sola massa tutto all'intorno bagnata dall'Oceano, dovevano essere definitivamente banditi dalla nomenclatura oceanica dopo le scoperte e le esplorazioni delle terre transatlantiche. Inoltre quei nomi non hanno che un senso relativo: i medesimi bacini che per un Europeo sono, l'uno orientale l'altro occidentale, diventano per un abitante di New-York occidentale il primo, orientale il secondo. Notiamo ancora, nella divisione del Malte-Brun, ciò che egli dice del *Grand Archipel* e dell'*Océan Atlantique* da lui limitato alla parte di mezzo dell'Atlantico, o, meglio, del suo *Bassin occidental*.

Nel fine di introdurre nella nomenclatura oceanica denominazioni che alla semplicità ed alla chiarezza accoppiassero un fondamento il più che fosse possibile scientifico, e fossero nello stesso tempo tali da poter essere facilmente adottate da tutte le Nazioni colte, la Società Geografica di Londra incaricava nel 1845 una Commissione dello studio di tale questione; e furono appunto le conclusioni alle quali la Commissione venne condotta (nel 1847) quelle che rivestendo, per così dire, un carattere ufficiale, e rese pubbliche mediante il lavoro cartografico di un eminente geografo tedesco (1), prevalsero presso la maggior parte degli studiosi, e furono adottati in quasi tutti i nostri libri geografici.

La divisione proposta fu la seguente:

1) *Oceano Atlantico*, dal circolo polare artico all'antartico, e limitato ad occidente dalle coste orientali delle due Americhe e dal meridiano del capo Hoorn, ad oriente dalle coste occidentali del continente antico e dal meridiano del capo Agulhas.

2) *Oceano Pacifico*, o *Grande Oceano* o *Mare del Sud*, limitato al nord dallo stretto di Bering, ad oriente dalle coste occidentali delle due Americhe e dal meridiano del Capo Hoorn sino al circolo polare antartico, a mezzogiorno da questo parallelo sino al meridiano del Capo Sud (punta meridionale della Tasmania), il quale a sua volta segna il limite tra il Pacifico e l'Oceano Indiano;

(1) Augusto Petermann.

ad occidente dalle coste orientali dell'Asia, dalle isole di Sumatra e di Giava, dalle Piccole isole della Sonda, dalle coste settentrionali ed orientali dell'Australia, dalla Tasmania e dal meridiano del Capo Sud.

3) *Oceano Indiano*, limitato al nord dall'Asia meridionale, ad oriente dalle coste occidentali dell'India posteriore, dalle isole della Sonda, dalle coste occidentali e meridionali dell'Australia sino al Capo Sud, e infine dal meridiano di questo promontorio sino al circolo polare antartico che ne segna il limite meridionale sino al meridiano del capo Agulhas (linea di separazione tra l'Oceano Indiano e l'Atlantico). Il limite occidentale è segnato dalle coste orientali dell'Africa e dal meridiano del capo Agulhas.

4) *Oceano glaciale artico*, nella zona polare boreale.

5) *Oceano glaciale antartico*, nella zona glaciale australe.

Le aree rispettive dei cinque Oceani sono, approssimativamente le seguenti (secondo il Karstens):

Grande Oceano. . . .	175.288.000	ch. q.
Oceano Atlantico . . .	90.127.000	"
Oceano Indiano . . .	74.175.000	"
Mar glaciale artico . .	12.796.000	"
Mar glaciale antartico .	15.630.000	"
Totale	368.016.000	ch. q.

Questa divisione proposta dalla Società Geografica di Londra ben poco differisce, per vero,

da quella già esposta dal grande idrografo francese Claret Fleurieu nelle sue *Observations sur la division hydrographique du globe* (anno VIII, 1800): solo se ne distingue per una nomenclatura più conveniente e più appropriata (1).

L'artificiosa limitazione degli Oceani nell'emisfero australe proposta dalla Commissione inglese, fu combattuta da non pochi geografi, tra cui Giovanni Herschel, il Reuschle, il Boguslawski, il Murray.

L'Herschel pone tra i tre Oceani principali e il Mare glaciale antartico un sesto mare, che egli chiama *Southern Ocean*, limitato a mezzodì dal circolo polare antartico e a settentrione dai tre archi di circolo massimo che uniscono due a due il capo Hoorn, il capo Sud e il capo Agulhas. Ma lo scienziato inglese non ha posto mente ad una conseguenza importante, che cioè, mentre i due archi di circolo massimo che uniscono il capo Agulhas col capo Hoorn e col capo Sud si svi-

(1) Il Fleurieu considera l'Oceano Indiano come parte essenziale del Grande Oceano, e lo chiama, quantunque con dispiacere (avec regret), *Mer des Indes.* Allo stesso idrografo risale il concetto dei due Mari polari limitati, verso l'equatore, dai due circoli polari; come anche la suddivisione dell'Oceano Atlantico e del Grande Oceano in tre parti per mezzo dei tropici e dei circoli polari, cioè in *Atlantico settentrionale* (tra il circolo polare artico e il tropico del Cancro), *Atlantico equinoziale* (tra i due tropici) e *Atlantico meridionale* (tra il tropico del Capricorno e il circolo polare antartico); *Grande Oceano settentrionale, Grande Oceano equinoziale* e *Grande Oceano meridionale.*

luppano al nord del circolo polare antartico, lo stesso non è per l'arco di circolo massimo passante per il capo Hoorn e il capo Sud, il quale invece taglia il circolo polare in due punti aventi le longitudini respettive di 168° e 278° Est (da Greenwich), e si addentra di molto nell'Oceano glaciale antartico spingendosi sino alla latitudine di 76°. Adunque, ammettendo la limitazione proposta dall'Herschel, una parte molto notabile dell'Oceano glaciale antartico sarebbe assorbita dal *Southern Ocean.*

Il Reuschle toglie all'Atlantico, all'Oceano Indiano ed al Grande Oceano le parti a mezzodì del capo Hoorn, del capo Agulhas e del capo Sud. ed unendole col Mar glaciale antartico ne fa un sol tutto, che egli chiama *Oceano australe.* Il limite nord di quest'Oceano sarebbe adunque formato dalle linee che uniscono due a due i tre promontori, e propriamente dalle linee rette che si immaginano condotte per quei tre punti sopra una carta nella proiezione di Mercator, o altrimenti da tre *lossodromie,* le quali sopra un globo terrestre sono altrettante linee spirali. In ciò consiste il difetto capitale della proposta, come anche nella forma singolare e strana dei tre Oceani principali, ma, per altro lato, esso è alquanto affievolito dal fatto, che quelle linee lossodromie rappresentano molto da vicino il limite equatoriale dei ghiacci galleggianti, e dall'altro, che l'Oceano australe così circoscritto viene ad assumere una forma quasi arrotondata. Non è il caso di supporre che le linee di unione siano

tre archi di circolo massimo, giacchè questi determinerebbero uno spazio triangolare dagli angoli molto acuti, i cui lati toccherebbero rispettivamente le latitudini di 57, 62 e 76 gradi (1).

Nella piccola carta che accompagna il suo interessante lavoro sulle profondità marine (2), Giorgio di Boguslawski fa delle parti meridionali dell' Atlantico, dell' Oceano Indiano e del Grande Oceano, un sol mare che egli chiama *Grosser Südocean* (Grande Oceano australe), fissando nel circolo polare antartico la linea naturale di separazione tra esso e il Mar glaciale antartico.

Al Boguslawski si avvicina G. Murray, il quale indica col nome di *Oceano australe* tutto lo spazio oceanico compreso tra il circolo polare antartico ed il parallelo 40° (3).

Secondo l'insigne oceanografo Otto Krümmel, il principio morfologico, o altrimenti dei contorni e per conseguenza della forma nel senso

---

(1) Questa proposta del Reuschle è in tutto concorde con quella del Malte-Brun, il quale fa dell'*Océan Austrál* una delle tre parti del suo *Grand Bassin Austro-Oriental*, e ne determina i limiti così: " Sa frontière peut être fixée par une ligne tirée du cap Hoorn au cap de Bonne-Espérance; de là à la Tierre de Diemen (Tasmania), et revenant, par le sud de la Nouvelle Zélande, au cap Hoorn ".

(2) *Die Tiefsee und ihre Boden — und Temperatur — Verhältnisse*, Berlino, 1878.

(3) Nella memoria *On the Height of the Land and the Dept of the Ocean*, pubblicata nell'annata quarta (1888) dello *Scott. geogr. Magazine.*

orizzontale, è quello che ad ogni altro deve essere preferito nella divisione delle grandi parti della superficie terrestre. I contorni dell'Africa ci indicano chiaramente che la sua frontiera verso l'Asia è segnata dall'istmo di Suez: egualmente nessuno dubita che la linea di limite tra l'America settentrionale e l'America meridionale lo è dalla parte più angusta dell'istmo di Darien. Quanto gravi difficoltà, appunto perchè i contorni non permettono una limitazione simile alle due accennate, si presentano invece, e nella questione, da più di 250 anni in vari sensi dibattuta, del limite orientale della Europa (1), ed in quella della vera linea di separazione tra le terre asiatiche e le australiane! Per vero questa seconda questione potè essere risolta, se non in modo deciso almeno molto approssimativamente, grazie agli studi del Wallace sulla geologia e sulla fauna del mondo insulare che si estende dall'India posteriore alla Nuova Guinea: ma le indagini geologiche, o di altra natura, non poterono sin qui condurre a fissare con certezza la vera linea di separazione tra le due parti settentrionali del Mondo Antico.

Solo in pochi casi il principio morfologico, applicato alla classificazione dei mari, conduce a risultamenti accettabili. Il limite tra il Mare Mediterraneo e l'Oceano Atlantico è indubbiamente lo stretto di Gibilterra: quelli tra il Mar

---

(1) Wisotzki, *Zeitströmungen in der Geographie*, Lipsia, 1897, nel cap. VIII, *Die Ostgrenze Europas*, pag. 441-461.

Rosso ed il golfo Persico dall'un lato, l'Oceano Indiano dall'altro sono segnati respettivamente dallo stretto di Bab-el-Mandeb e dallo stretto di Ormus. Lo stretto di Bering segna la linea di separazione tra il Mare di Bering e il Mare glaciale artico, e lo stesso Mare di Bering è poi separato dall'alto Grande Oceano mediante la serie delle isole Aleutine, l'isola di Bering e la linea che conduce da questa ultima isola al capo Camciatca nella penisola dello stesso nome. Notiamo ancora la catena delle Curili che separa il Grande Oceano dal Mare di Ochotsk, le Piccole Antille che si intromettono tra l'alto Atlantico e il Mare dei Caribi o delle Antille.

Nell'emisfero meridionale, le acque dei tre principali bacini oceanici si confondono tra loro, e, come già si è avvertito, tra i paralleli 56° e 60° si potrebbe circumnavigare tutto il globo terrestre se le masse di ghiaccio non vi si opponessero qua e là. Forse si potrebbe concepire una linea di limite tra l'Oceano Atlantico e il Grande Oceano nel canale, relativamente non molto esteso, che divide le terre americane meridionali dalle terre polari conosciute col nome di Shetland australi, di Arcipelago di Dirk Gerritsz (isola di Joinville, la terra di Luigi Filippo, la Trinity Land, la terra di Palmer) e di terra di Graham (1). Ma il mare situato tra i meri-

(1) Questo canale è detto dal FRICKER (*Antarktis*, pag. 3) *stretto di Drake*, a ricordo del grande navigatore Francis Drake che per primo esplorò il bacino oceanico a mez-

diani del capo Agulhas ed il capo Sud, è, sino al circolo polare antartico, perfettamente libero, e solo è interrotto da pochi e piccoli gruppi insulari, dai quali non si potrebbe trarre alcun profitto per istabilire le linee di limite tra l'Oceano Indiano e i due Oceani vicini. Tuttavia è a notare, che il meridiano del capo Sud (Tasmania) incontra verso il circolo polare antartico la Terra di Wilkes, precisamente come il meridiano del capo Hoorn, per vero dopo avere attraversato un mare molto meno libero di terra, tocca nei dintorni del medesimo parallelo la Terra di Graham: possiamo adunque stabilire nel canale, largo 2400 chilometri, che separa la Tasmania dalla Terra di Wilkes, o altrimenti nel meridiano del Capo Sud, la linea di limite tra l'Oceano Indiano ed il Pacifico meridionale. Per analogia, quantunque nessuna terra si presenti al sud del Capo di Buona Speranza, si potrà scegliere il meridiano di questo promontorio o del capo Agulhas a linea di frontiera tra l'Oceano Indiano e l'Atlantico meridionale. E così siamo condotti alla divisione proposta nel 1847 dalla Commissione inglese.

Osserva il Krümmel, che i tre meridiani del Capo Agulhas, del capo Sud e del capo Hoorn segnano anche i limiti naturali dei sistemi delle

---

zogiorno del Capo Hoorn. Il canale, largo 24 chilometri, che separa l'arcipelago di Dirk Gerritsz dalla Terra di Graham, porta il nome di *stretto di Bismarck:* esso venne esplorato nel 1874 dal capitano Dallmann.

correnti marine nei tre bacini principali (Grande Oceano, Oceani Atlantico e Indiano); dimodochè se lungo quei meridiani si innalzassero solide pareti formanti la completa separazione di quei bacini, le correnti marine non andrebbero soggette, in ciascuno di essi, a notabili modificazioni (1). Che gli Oceani siano caratterizzati da particolari sistemi di correnti, era già stato avvertito, assai tempo prima del Krümmel (2), da Isacco Vossius, il quale nel suo libretto *De motu marium et ventorum* (anno 1663) dice che la medesima rivoluzione o circolazione si manifesta in ciascuno dei tre Oceani. E in una memoria pubblicata cinque anni prima del lavoro del Krümmel il signor A. Mühry dice che l'Oceano è dai continenti posti tramezzo diviso in tre grandi bacini, e in modo, che a ciascuno di questi corrisponde una propria circolazione (3). I tre Oceani sono adunque, per i loro sistemi di correnti, paragonabili a tre *individui* fisiologicamente indipendenti: ciascuno di essi, come dice il Krümmel, è un *ens sui generis.*

Il Mare glaciale artico è, per le sue correnti,

(1) Krümmel, *Der Ozean*, pag. 14.

(2) Il Krümmel dice che questa osservazione non era stata fatta da nessuno prima di lui. V. *Versuch einer vergleichenden Morphologie des Meeresräume*, pag. 24. Ma nel libro *Der Ozean*, pubblicato sette anni dopo, egli accenna a questa caratteristica dei tre Oceani, senza attribuire a sè stesso la priorità della osservazione.

(3) *Zur Lehre von den Meeresströmungen*, nelle *Geographische Mitteilungen*, 1874, pag. 375.

una dipendenza dell'Atlantico settentrionale. Infatti, se facciamo astrazione dallo Stretto di Davis, correnti ben definite non lo solcano che nello spazio tra la Groenlandia, le Spitzbergen e i dintorni della Novaia Semlia, e non sono che o rami della Corrente del Golfo, o contro correnti di compensazione. Nella ipotesi, che il Mar glaciale non comunicasse nè coll'Atlantico nè col Pacifico, le sue correnti sarebbero affatto diverse dalle attuali, e le sue condizioni naturali radicalmente modificate. Pertanto sotto l'aspetto fisiologico il Mar glaciale artico non è un mare indipendente a guisa dei tre Oceani principali (1).

Diversa è la cosa se ci facciamo ad esaminare le profondità marine verso il limite meridionale del bacino artico. La massima profondità dello Stretto di Davis nella sua parte più rinserrata è di 730 metri: tra la Groenlandia e la Islanda, tra quest'isola e la Scozia havvi un dorso sottomarino il quale è da 500 a 600 metri al disotto del livello del mare: la massima pronfondità dello stretto di Bering è di 50 metri. Grandissime invece sono le profondità dell'Atlantico boreale (da 3000 a 3600 m. verso il 55° parallelo, tra i meridiani 20° e 30° occidentali; 3700 metri a mezzo cammino dal capo Farewell, nella Groenlandia, alla costa sud-est del Labrador; 3000 metri ad oriente di Terranuova, verso il 50° meridiano occiden-

---

(1) V. pure Supan nel suo esame della spedizione del Nansen pubblicato nelle *Geogr. Mitt.*, 1897, pag. 128-132 e pag. 153-163.

tale); come pure nel cuore del Mar glaciale artico (3000 m. a S. O. delle Spitzbergen; 4860 metri nel Mare della Groenlandia). Le linee costiere delle terre emerse ed i banchi sottomarini a quelle profondità relativamente piccole determinano adunque, secondo il nostro autore, una linea marcata di separazione tra il Mar glaciale artico e i due Oceani adiacenti, specie l'Atlantico (1), e il bacino artico si presenta come un *individuo oceanico* a sè.

In condizioni pressochè identiche a quelle del Mare glaciale artico rispetto all' Atlantico trovasi il Grande mediterraneo, che da Alessandro di Humboldt è detto *Mediterraneo americano*, e si compone, come è noto, del *Mare dei Caribi* e del *Golfo del Messico*. Il ramo principale della grande corrente equatoriale penetra in questo Mediterraneo, dando poi origine alla *Corrente della Florida*, la quale, unita colla corrente esterna delle Antille, domina poi, col nome di *Corrente del Golfo*, tutta la parte occidentale dell'Atlantico boreale. Sotto questo aspetto il Mediterraneo americano è una dipendenza dell'Atlantico: se esso non esistesse, il sistema delle correnti dell'Atlantico sarebbe ben diverso. Ma, considerato morfologicamente, il Mediterraneo americano, che una estesa serie di isole separa dal bacino principale, deve essere tolto dal grande spazio occupato da quest'ultimo, senza tuttavia perdere il suo carattere subordinato, giacchè è all'Atlantico che esso deve la sua esistenza.

---

(1) KRÜMMEL, *Versuch*, ecc., pag. 25; *Der Ozean*, pag. 15.

Il Mar glaciale artico e il Mediterraneo Americano sono forse le sole parti dell'Oceano che abbiano una influenza grande sulla circolazione oceanica. La quale invece per nulla varierebbe se non ci fossero il Mediterraneo propriamente detto, il Mare del Nord, il Mar Baltico, e il golfo del San Lorenzo: così pure non muterebbe la circolazione nell'Oceano Indiano se fossero chiusi il Bal-el-Mandeb, lo stretto di Ormus, lo stretto di Malacca, quello della Sonda ecc.; nè muterebbero le correnti del Grande Oceano quando l'isola Formosa venisse a collegarsi colle Filippine, e queste colle Molucche. Per converso quante dipendenze dell'Oceano perderebbero affatto il loro carattere oceanico, se venissero a cessare le loro comunicazioni con questo o con quell'altro dei tre grandi bacini! Se lo stretto di Gibilterra fosse surrogato a un tratto da un istmo, il bacino del Mediterraneo si prosciugherebbe in un tempo non molto lungo, giacchè le acque dei grandi fiumi, insieme colle acque piovane, sono ben lungi dal compensare la quantità d'acqua assorbita dalla grande evaporazione: esso si convertirebbe in una conca stepposa interrotta qua e là da poche masse liquide, ad eccezione del bacino del Mar Nero, il quale però terminerebbe per convertirsi in un lago di acqua dolce. E lo stesso dicasi del Mar Rosso, del Baltico, del golfo Persico e di molti altri.

I mari *secondari* o *dipendenti*, così detti perchè perderebbero il loro carattere marittimo quando venisse a cessare il continuo scambio di acque

tra essi e i tre oceani aperti o indipendenti, scambio che si effettua mediante uno o più canali di comunicazione, si dividono in due categorie, la prima delle quali comprende i mari *mediterranei*, la seconda i mari *adiacenti* (Randmeere dei geografi tedeschi).

I mari mediterranei si addentrano nelle masse continentali; ed hanno una o più uscite verso gli Oceani aperti. Di essi, quattro sono *intercontinentali*, cioè giacenti tra due o tre parti del mondo; il Mediterraneo propriamente detto o Mediterraneo *romano* (Europa, Asia, Africa), il Mediterraneo *americano* (America settentrionale ed America meridionale), il Mediterraneo *australasiatico* (Asia, Australia), e il Mar *glaciale artico* (Europa, Asia, America settentrionale). Le aree di questi quattro Mediterranei sono le seguenti:

Mediterraneo romano . .	ch. q.	2.963.000
Mediterraneo americano .	„	4.585.000
Mediterraneo australasiatico	„	8.082.000
Mar glaciale artico . . .	„	12.796.000

Quattro Mediterranei sono *intracontinentali*, cioè penetrano nei continenti stessi: il *Mar Baltico*, il *Mar Rosso*, il *Golfo Persico* e la *Baia di Hudson*, dei quali solamente il secondo è comune a due parti del mondo (Africa, Asia).

Le aree di questi quattro bacini sono le seguenti:

Baia di Hudson.	ch. q.	1,223.000
Mar Rosso	„	449.000
Mar Baltico	„	431.000
Golfo Persico	„	237.000

Si noti che i Mediterranei intercontinentali, o di primo ordine, formano alla loro volta, bacini più o meno spaziosi e distinti: così dal Mediterraneo romano dipendono l'Adriatico, il Mare Ionico-siculo, il Mare Greco-Levantino, il Mar Nero; dal Mediterraneo australasiatico il Mar Cinese meridionale, il golfo di Siam, il Mare della Sonda, i Mari di Sulù e di Celebes; dal Mar glaciale artico, il Mar Bianco; dal Mediterraneo americano il Marė dei Caribi, il golfo del Messico, il Mare di Bahama. I Mediterranei intracontinentali invece non danno origine a ramificazioni molto importanti, ad eccezione del Baltico.

I mari *adiacenti* sono limitati, per un lato, da una massa continentale, per l'altro da isole o da penisole. Sono separati dall'alto Oceano mediante catene insulari, quelli dei lati settentrionale e occidentale del Pacifico, cioè il Mare di Bering, il Mare di Ochotsk, il Mare del Giappone, il Mar Cinese orientale, come pure il Mare delle Andamane dipendente dall'Oceano Indiano. Sono separati dagli Oceani aperti per mezzo di poche isole il Mare del Nord, il Mare Britannico (la Manica, il Mare d'Irlanda, il Canale del Minsh), il golfo del San Lorenzo, e il Mare di Tasman (tra l'Australia, la Tasmania e la Nuova Zelanda). Il golfo di California è separato dall'Oceano per mezzo della lunga e stretta penisola del medesimo nome.

I mari adiacenti si classificano in tre gruppi, che sono il gruppo *Altantico*, il gruppo del *Pa-*

cifico occidentale, ed il gruppo dei *mari adiacenti isolati*. Nel quadro seguente sono indicate le aree dei mari adiacenti di ciascun gruppo:

A) Gruppo Atlantico:

Mare del Nord o di Germania	ch. q.	548.000
Mare Britannico	"	213.000
Golfo del San Lorenzo . . .	"	220.000

B) Gruppo del Pacifico occidentale:

Mare di Bering.	ch. q.	2.265.000
Mare di Ochotsk	"	1.511.000
Mare del Giappone . . .	"	1.044.000
Mar Cinese orientale . . .	"	1.242.000

C) Gruppo isolato:

Golfo di California	ch. q.	167.000
Mare di Tasman	"	75.000
Mare delle Andamane . . .	"	791.000

Quasi tutti i mari secondari appartengono all'emisfero australe, e il mediterraneo australasiatico appartiene all'uno e all'altro emisfero.

Degli otto mediterranei, quattro sono tropicali, l'Australasiatico, il Mediterraneo Americano, il Golfo Persico e il Mar Rosso; uno, il Mediterraneo romano, è subtropicale; la Baia di Hudson si estende sotto alte latitudini (51°-60° lat. N.), e lo stesso è del Baltico, che si avanza col golfo di Botnia sino alla latitudine di 65° 30′ nord: infine nelle più alte latitudini è situato il Mar glaciale artico.

Quanto ai mari adiacenti (nel numero totale di 10), sei si trovano tra le latitudini nord di 45°

e 60°, cioè i tre del gruppo Atlantico, ed i Mari di Bering, di Ochotsk e del Giappone: tre sono subtropicali, il Mar Cinese orientale, il Golfo di California e il Mare di Tasman; uno è tropicale, il Mare delle Andamane.

Questa distribuzione dei mari secondari, la quale in generale consiste nel loro aumento di mano in mano che ci avanziamo al polo Nord, trova la sua naturale spiegazione nella distribuzione stessa delle terre e delle acque nei due emisferi boreale ed australe.

Se ora si volessero classificare nelle categorie precedenti le porzioni di mare dipendenti dai Mediterranei di primo ordine e dal Baltico, si giungerebbe facilmente a questi risultamenti:

A) Mediterranei di secondo ordine:

1° Dipendenti dal Mediterraneo Romano: il Mare Adriatico, e il Mar Nero.

2° Dipendenti dal Mediterraneo Americano: il Golfo del Messico.

3° Dipendenti dal Mar glaciale artico: il Mar Bianco.

4° Dipendenti dal Mar Baltico: il Golfo di Botnia.

B) Mediterranei di terzo ordine:

Il Mare di Asov.

C) Mari adiacenti di secondo ordine:

1° Nel Mediterraneo Romano: il Mare Egeo, il Mar Tirreno.

2° Nel Mediterraneo Australasiatico: i Mari di Sulù, di Celebes, delle Molucche, della Sonda, di Banda, ecc.

3° Nel Mediterraneo americano: il Mare delle Antille, il Mare di Bahama.

4° Nel Mar glaciale artico: la Baia di Baffin, il Mare di Cara.

5° Nel Mar Baltico: il Golfo di Riga.

L'area complessiva dei Mediterranei e dei Mari adiacenti risulta, secondo i quadri precedenti, di 38.842.000 chil. quadrati. Quella degli Oceani aperti è adunque di 313.544.000 (352.386.000 — 38.842.000) così divisi:

Grande Oceano o Mar Pacifico	161.000.000	ch. q.
Oceano Atlantico	79.900.000	"
Oceano Indiano	72.700.000	"
	313.600.000	ch. q.

Nella massima parte dei casi i mari secondari rappresentano una vera conquista dell'Oceano. La quale avviene in due modi, cioè per l'abbassamento secolare di zone terrestri altravolta emergenti; ovvero per la invasione, da parte dell'Oceano, delle parti basse e piane dei lembi continentali. Nel primo caso si hanno i mari di *ingressione*, nel secondo quelli di *transgressione*. Riservandomi di ritornare a queste due classi di mari quando si parlerà di proposito delle profondità marine, indico, secondo Ermanno Wagner (1), i mari appartenenti all'una e all'altra classe, insieme colle profondità medie in metri.

(1) Wagner, *Lehrbuch der Geographie*, 6ª ediz., vol. I, pag. 444 e 445.

A) Mari di ingressione:

1.	Mediterraneo americano . . .	prof. media	2100
2.	Golfo di California.	"	1000
3.	Mediterraneo romano	"	1450
4.	Mar Rosso	"	450
5.	Mare delle Andamane . . .	"	800
6.	I Mari delle Molucche . . .	"	1600
7.	Mar Cinese meridionale . . .	"	1500
8.	Mare del Giappone	"	1100
9.	Mare di Ochotsk	"	1300
10.	Parte occid. del Mare di Bering	"	1600

B) Mari di transgressione:

1.	Baia di Hudson	prof. media	130
2.	Golfo del San Lorenzo . . .	"	130
3.	Mare Britannico.	"	65
4.	Mare del Nord	"	90
5.	Mar Baltico	"	70
6.	Golfo Persico.	"	35
7.	Mare poco profondo della Malesia (mare di Borneo, Mare di Giava, golfo di Siam) . . .	"	60
8.	Mare poco profondo dell' Australia settentrionale (golfo di Carpentaria, Mare di Arafura)	"	70
9.	Mar Cinese orientale	"	148
10.	La parte orientale del Mare di Bering.	"	80

CAPITOLO III.

Livello del mare. — Profondità marine.

Se il corpo terrestre fosse composto per intero di acqua, o almeno fosse coperto da uno strato d'acqua di grande profondità, la superficie dell'Oceano sarebbe quella di una elissoide col suo piccolo asse coincidente colla linea dei poli di rotazione. E, facendo astrazione dalle oscillazioni cagionate dalle maree, dai venti e dalla pressione barometrica, essa sarebbe una vera superficie di livello. Ma, come già si è avvertito ripetutamente nelle pagine che precedono, le terre e le acque sono molto inegualmente distribuite sulla superficie del nostro pianeta: inoltre, mentre la densità delle acque marine è di poco superiore ad 1, quella delle masse continentali e in generale delle terre emerse è rappresentata da 2,5. E siccome due corpi si attirano mutuamente in ragione diretta delle loro masse, ne consegue che il contrasto tra la massa dei continenti e quella dell'Oceano deve produrre una deviazione nella

direzione del filo a piombo, e di conseguenza uno spostamento nella posizione orizzontale. E così, secondo la teoria, le acque del mare dovranno salire verso le coste dei continenti e delle isole aventi una massa maggiore, e la regolarità della superficie sferoidale verrà distrutta. Nella ipotesi, che un continente dalla forma tabulare si innalzi dall'uno all'altro polo, sotto la linea equinoziale, di 300 metri al disopra di un mare profondo 3000 metri, e che la sua estensione in longitudine sia di 45 gradi, il signor Bruns calcola a 550 metri la differenza tra la maggior elevazione di quella superficie nello interno del continente ed il più profondo avvallamento della superficie della massa oceanica estesa lungo tutta la linea equinoziale. Ma siccome sulla superficie della Terra molto maggiori sono le differenze tra le intumescenze continentali (ad es. l'Alta Asia) e le profondità degli Oceani (più di 8500 metri, ad es., nel Grande Oceano boreale), così le differenze tra il più alto e il più basso livello possono giungere, secondo lo stesso autore, sino a 1000 metri (1).

Queste irregolarità di livello sono confermate direttamente dal pendolo. Le grandi spedizioni di Edoardo Sabine, di Enrico Foster (nell'emisfero australe), di Luigi di Freycinet, del Duperrey, del Lütke, ecc., condussero concordi a questo risultamento, che il pendolo a minuti se-

(1) *Unser Wissen von der Erde*, vol. I, *Allgemeine Erdkunde*, pag. 45.

condi compie nei luoghi costieri un numero di oscillazioni giornaliere minore che non nelle isole oceaniche. Si è creduto eziandio di poter stabilire, che la differenza tra l'altezza della superficie vera di livello e quella del livello normale è data approssimativamente dal prodotto della differenza dei numeri delle oscillazioni giornaliere per il numero costante 119 (1). Sulla costa americana, presso Maranham (Brasile), il pendolo accusa 5 oscillazioni in meno di quanto sarebbe dato dalla latitudine: se ne deduce, secondo la regola precedente, che la superficie di livello è colà di circa 600 metri più alta della normale.

Secondo il Listing, l'innalzamento sarebbe di 118 metri a Londra, di 268 a Parigi, di 38 a Berlino, di 93 a Königsberg, di 567 nell'isola Maraio (imboccatura del fiume delle Amazzoni): la depressione sarebbe di 1309 metri alle isole Bonin (a sud-est del Giappone), di 847 a Sant'Elena, di 217 metri alle Spitzbergen.

A proposito di che l'egregio Arturo Issel esce in queste importanti considerazioni: " Mentre non disconosciamo il principio testè esposto (quello cioè della forza attrattiva delle masse continentali sulle acque oceaniche, e dell'innalzamento di queste verso le coste), siamo lontani dallo accettare, come espressione della verità, i dati numerici che se ne vollero desumere, senza tener conto di certe condizioni che rendono il problema com-

(1) E. Suess, *Das Antitlz der Erde*, I, pag. 3; — Krümmel, *Der Ozean*, pag. 31.

plicatissimo. Questi dati sono, a parer nostro, esagerati. Per la irregolarità propria ai bacini oceanici e ai rilievi continentali, il calcolo dell'attrazione che questi esercitano sulle acque presenta gravissime incertezze e difficoltà pratiche. Oltre a ciò, il livello marino non è solamente subordinato all'azione attrattiva delle masse emerse, ma anche a quella dei materiali diversi, più o meno densi, che costituiscono la corteccia terrestre sotto le profondità oceaniche; e ignoriamo come questi materiali sieno distribuiti „ (1).

Dei due casi che si possono presentare — cioè della relativa eccedenza nella densità della crosta terrestre sotto le isole oceaniche, e del relativo difetto nella densità sotto le masse continentali — l'illustre Helmert propende per il secondo. Ed egli è condotto a stabilire che l'azione delle masse continentali è più o meno compensato dalla diminuzione della densità inferiormente alle masse medesime. Dietro questa ipotesi, la crosta terrestre sottomarina deve essere più densa che non le parti al disotto dei continenti. E, secondo lo stesso autore, quando si ammette che la differenza nella densità si estenda sino alla profondità di cinque miglia tedesche (circa 38 chi-

(1) Issel, *Compendio di geologia*, vol. I, pag. 85. V. pure De Lapparent, *Traité de Géologie*, 3ª ediz., pag. 44; — Drygalski, *Die Geoiddeformationen der Eiszeit*, nel Giornale della Società geografica di Berlino (1887, pag. 169-280).

lometri), basta una differenza di 0,2 per compensare l'effetto delle masse continentali (1).

Del resto, secondo l'Helmert, le distanze tra la superficie dell'ellissoide normale e la superficie reale oscillano tra — 290 e + 344 metri, e Sigismondo Günther opina, che molto probabilmente la differenza si aggira entro limiti anco più ristretti (2).

Le variazioni di forma, alle quali va soggetta la superficie dell'Oceano per le ragioni più sopra accennate, non le tolgono il carattere di una superficie di livello, normale cioè, in ogni suo punto, alla direzione del filo a piombo. Ma cessa di essere tale per altre cause. E primieramente per l'azione del vento, la quale, se durevole, può accumulare verso la spiaggia grandi masse liquide, innalzando così lo specchio del mare, il che conduce di necessità ad un abbassamento del livello nella spiaggia opposta e vicina. Ad esempio, la superficie del Baltico, dalla costa orientale dell'Holstein a Memel, sale di m. 0,5: è adunque un accumulamento di acque verso oriente, dovuto molto probabilmente ai venti di ponente dominanti in quel Mediterraneo dell'Europa settentrionale. Venti di grande durata possono espellere da un mare secondario masse grandissime di

(1) V. il primo volume della raccolta *Beiträge zur Geophysik* pubblicata da GIORGIO GERLAND, Stuttgart, 1887, pag. 258.

(2) GÜNTHER, *Handbuch der Geophysik*, vol. I della 2ª ediz., pag. 228.

acqua, come si è osservato, a parecchie riprese, nel Mar Rosso quando vi soffiano, nella state, i venti del nord. In secondo luogo, l'equilibrio è periodicamente distrutto dallo avvicendarsi del flusso e del riflusso: è noto che in alcuni golfi foggiati ad imbuto le acque raggiungono, nell'alta marea, un'altezza di parecchi metri. Viene, in terzo luogo, la pressione atmosferica, la quale agisce diversamente sulla superficie del mare da luogo a luogo, e a seconda dei tempi. Sotto questo aspetto il mare può essere considerato come un immenso barometro, il quale ad ogni diminuzione nella pressione atmosferica si innalza 13,6 volte più che il mercurio nel tubo Torricelliano (1). E ancora, tra le cause perturbatrici, sono a notare le differenze nelle densità dipendenti dalla distribuzione della temperatura e dal grado di salsedine. Dalle differenze tra i pesi specifici delle acque del Golfo di Guascogna e di quelle del Mediterraneo dirimpetto alle bocche del Rodano il signor Bouquet de la Grye venne condotto a questo risultamento, che il livello dell'Atlantico presso l'estuario della Gironde è di m. 0,72 più alto del Mediterraneo nelle vicinanze delle bocche del Rodano, e che più lungi ad oriente, presso Nizza, il livello del Mediterraneo è inferiore di 8 centimetri a quello dell'Atlantico. Così pure lo specchio del Mar Baltico è di alcuni centimetri più alto di quello del Mare del Nord. Nè sono a passare sotto silenzio le oscillazioni periodiche,

(1) PESCHEL, *Physische Erdkunde*, II, pag. 107.

pressochè tutte dovute a cause meteorologiche, cui vanno soggetti i livelli medî di alcuni marì lungo le coste adiacenti. Nei mari secondarî, specialmente, il fenomeno è annuale. Così nel Mar Baltico e nel Mar Nero. Le altezze massima e minima corrispondono rispettivamente, nel primo di questi bacini, al mese di agosto ed al mese di aprile: nel Mar Nero le più alte acque si notano nel maggio e nel giugno, le più basse nel febbraio. L'aumento di volume è dovuto, nell'un mare e nell'altro, alla maggiore copia di acque che i numerosi fiumi vi trasportano durante la stagione delle pioggie. E queste acque dolci non solamente concorrono ad aumentare in modo diretto il volume di quei due mari quasi chiusi, ma ne innalzano anche indirettamente il livello lungo le coste, per la ragione che ad uguale temperatura l'acqua dolce è meno densa dell'acqua salata, e viene così ad occupare uno spazio maggiore di questa.

Ritorno per poco alla prima delle cause perturbatrici di cui si è parlato, cioè all'azione del vento, per accennare le osservazioni estremamente interessanti fatte dall'illustre meteorologo H. Mohn sulle ineguaglianze di livello nel mare situato tra la Norvegia, la Scozia, l'Islanda, la Groenlandia e il gruppo delle Spitzbergen. La maggiore influenza è colà esercitata dai venti dominanti — e dalle correnti che ne sono la conseguenza — i quali circondano l'area nord-atlantica di minima pressione barometrica. La superficie del vento (*die Windfläche*), cioè la superficie marina modi-

ficata dal vento, presenta la sua massima depressione tra i paralleli boreali di 68° e 72° 1/2 ed i meridiani 1° occidentale e 3° orientale (da Greenwich). A partire da quell'area il mare si innalza sino a raggiungere le altezze relative di m. 0,9 presso la Groenlandia orientale, di m. 0,3 presso l'Islanda, di m. 0,5 presso le Spitzbergen, e di m. 0,8 sulla costa norvegese. Anche la superficie del mare, deformata dalla differenza nelle densità (*die Dichtigkeitfläche*), si innalza, nel mare europeo settentrionale, verso i lembi. Le depressioni massime sono al nord delle Färoër, ad oriente dell'Islanda (m. 0,11 sotto il livello normale), ad oriente dell'isola Jan Mayen, e ad occidente dell'isola degli Orsi (tra la Scandinavia e le Spitzbergen), cioè nei luoghi in cui alle più basse temperature si accoppia il più alto grado di salsedine. Sulle coste groenlandesi il livello è da m. 0,3 a m. 0,5 più alto del normale: lo è di m. 0,5 presso le Spitzbergen, da m. 0,2 a m. 0,6 presso le coste norvegesi. La superficie marina modificata dalle correnti (*die Stromfläche*) risulta dalle due precedenti. Così, se la superficie del vento è a m. 0,58 e quella della densità è a m. 0,213, la superficie della corrente è a m. 0,793. Da quest'ultima poco differisce la superficie reale (1).

Le numerose ed accurate livellazioni eseguite

(1) Mohn, *Die Strömungen des europ. Nordmeers*. Memoria pubblicata nel 79° dei fascicoli complementari alle *Geographische Mitteilungen* di Augusto Petermann, anno 1875.

n questo secolo, e le osservazioni aventi per iscopo li determinare con appositi strumenti — mareo-grafi, idrometri, flussometri — l'altezza media del pelo delle acque in moltissimi luoghi delle coste europee, hanno dimostrato che i livelli medî del mare lungo queste coste differiscono gli uni dagli altri di pochissimo. Valga il seguente prospetto, nel quale sono indicate, in centimetri, le altezze del livello del mare in parecchi porti, riferite allo stato medio del mare a Marsiglia:

1. *Adriatico.*

Trieste	+ 2
Venezia	— 5
Porto Corsini	— 4
Ancona	— 8

2. *Mare Ligure.*

Livorno	— 6
Spezia	— 1
Genova	— 5
Savona	— 2
Nizza	— 6

3. *Golfo del Leone.*

Marsiglia	0
Cette	0
Port Vendres	+ 3

4. *Atlantico.*

St. Jean de Luz	+ 15
Biarritz	+ 13
Les Sables d'Olonne	— 20
Quiberon	— 1
Camaret	— 9
Brest	+ 2

5. *La Manica.*

Cherbourg	+ 5
Le Havre	+ 1
Boulogne	0

6. *Mare del Nord.*

Ostenda	— 16
Vlissingen	— 7
Helder	— 4
Amsterdam	— 1
Cuxhaven	— 3

7. *Mar Baltico.*

Travemünde	— 9
Warnemünde	— 4
Swinemünde	— 2
Neufahrwasser	— 1
Pillau	— 8

A proposito di questa tabella, osserva Albèrto Penck che i livelli medî non corrispondono per nulla alle differenze di altezza delle colonne d'acqua di uguale peso. Una colonna d'acqua del Mare del Nord (peso specifico = 1,0266), alta 40 m., equivale in peso ad una colonna d'acqua del Baltico (peso specifico = 1,0077) alta m. 40,7. Il Mar Baltico dovrebbe adunque essere più alto del Mare del Nord di 70 centimetri: il medio livello del Baltico a Swinemünde supera invece di un centimetro appena quello del Mare del Nord a Cuxhaven. Una colonna d'acqua del Golfo del Leone alta 2000 metri equivale ad una colonna d'acqua dell'Atlantico alta 2003 metri; tuttavia il livello medio del mare a Marsiglia non è di 3 metri,

ma solamente di 13 centimetri più profondo del livello corrispondente a Biarritz (1).

Il fatto, che le acque oceaniche, astrazione fatta s'intende dalle irregolarità di cui ci siamo più sopra occupati, si trovano, lungo le coste, al medesimo livello (o quasi), venne, dalla più remota antichità sino a tutta la prima metà del secolo 19°, negato da non pochi autori. Veggasi, ad esempio, nella Geografia di Strabone, che ne pensasse Eratostene (2). Ed è noto che la più grave obiezione contro i progetti dei canali marittimi di Suez, di Panama e di Corinto era appunto quella delle supposte grandi differenze di livello tra il Mar Rosso ed il Mediterraneo, tra l'Oceano Pacifico e il Mare delle Antille, tra il Golfo di Corinto e il Golfo di Egina; differenze, che le moderne e precise livellazioni ridussero a valori trascurabili per la loro piccolezza.

Venendo ora a trattare del fondo del mare, osservo innanzi tutto che non sarà possibile rappresentarne fedelmente il rilievo se non quando si potrà disporre di misure di profondità, non solo numerose e precise, ma eziandio regolarmente distribuite e a poca distanza le une dalle altre. La seconda condizione non è per ora soddisfatta che per alcuni mari costieri: si può dire che non lo è punto negli oceani aperti, ed anche nelle parti interne di molti mari mediterranei.

(1) Penck, *Morphologie der Erdoberfläche*, II, pag. 235 e 536.

(2) Strab., *Geogr.*, lib. I, cap. III, 11.

Tuttavia, dalle molte misure eseguite insino ad oggi si possono già dedurre alcuni fatti generali, sui quali primieramente è utile fissare l'attenzione del lettore.

Salve alcune restrizioni che saranno esposte più avanti, il fondo di un oceano aperto va distinto per la uniformità dei rilievi, talchè se potessimo abbracciarlo d'un colpo collo sguardo, esso presenterebbe l'aspetto di una immensa e monotona contrada, con una superficie ondulata, innalzantesi ed abbassantesi con dolci pendenze, ed interrotta da intumescenze e da avvallamenti più o meno profondi, le une e gli altri dai fianchi comunemente dolci ed estesi. Così, non di rado succede, che gli scandagliamenti eseguiti in due luoghi di un oceano aperto, distanti l'uno dall'altro di un centinaio di chilometri, non accusino nelle profondità che la piccola differenza di cento metri, ed anche solo di poche diecine di metri. Valgano, ad esempio, i risultamenti degli scandagli eseguiti nel 1874 a bordo della nave *Tuscarora* degli Stati Uniti dell'America del Nord (1), lungo la rotta da San Francisco (California) alle isole Sandwich. Sopra una distanza di ben 830 chilometri (dal 138° al 147° meridiano occidentale) le profondità misurate in 13 luoghi distanti l'uno dall'altro 70 chilometri

(1) Scopo della nave *Tuscarora*, comandata dal capitano Belknap, era specialmente di scandagliare il Grande Oceano settentrionale per la posa di un cavo telegrafico sottomarino da San Francisco al Giappone.

in media, furono le seguenti: metri 4600; — 4750; — 4735 (minima); — 4850; — 4905; — 4910; — 5045 (massima); — 4910; — 4850; — 4800; — 4910; — 4860; — 4910. La differenza massima è adunque di 310 metri (5045 — 4735), e le differenze di profondità dall'uno all'altro luogo di operazione oscillano tra 5 e 150 metri: in altre parole, la massima inclinazione sarebbe di 0°,7, il che equivale a un terreno pressochè orizzontale (1). I risultamenti delle misure fatte a bordo del *Tuscarora*, ed effettuate, come si è detto, a intervalli di 70 chilometri in media, non permetterebbero di per sè soli la conseguenza, che la stessa cosa sia comune alle diverse parti degli oceani aperti, non essendo esclusa la probabilità, che per l'appunto in alcuni di quegli intervalli, se non in tutti, le differenze siano realmente molto maggiori di quelle che si ricavano dalle profondità misurate dal *Tuscarora*. Se non che lo stesso fatto si ripete in altri bacini dell'Oceano, per i quali si hanno molte misure di profondità eseguite a piccole distanze. Così nella parte settentrionale dell'Oceano Atlantico, lungo la quale si sviluppa la rete dei cavi telegrafici sottomarini che mettono in comunicazione l'Europa occidentale coll'America del Nord (2). Quantunque il fondo presenti un rilievo più vario che non nella sezione del Pacifico, di cui si è detto a proposito

(1) La pendenza della pianura del Po, dal piede delle Alpi al letto fluviale, è di 0° 8′.

(2) PESCHEL, *Physische Erdkunde*, I, pag. 429.

della spedizione del *Tuscarora*, le sue forme non cessano però dall'essere, in generale, dolci e di poca pendenza.

Che, nel suo complesso, il fondo del mare debba essere meno vario della superficie della litosfera emersa si capisce facilmente, quando si consideri che esso sfugge compiutamente alla influenza della disgregazione e della erosione, fattori che tanto attivamente contribuiscono al modello delle parti emerse. Il primo di essi manca al fondo del mare per la nessuna influenza degli agenti atmosferici; quanto alla erosione, è bensì vero, che anche le acque marine esercitano un'azione di scomposizione sul fondo solido, ma questo processo chimico è straordinariamente lento, ed inoltre i suoi prodotti non sono già trasportati via dai venti e dalle acque correnti, ma rimangono fermi nel luogo della loro formazione. Se poi consideriamo l'azione meccanica che le acque del mare in movimento esercitano negli strati profondi, è provato che essa non si estende al disotto di 200 metri, e non è tale inoltre, per la natura stessa del movimento, da scavare, come le acque correnti dei fiumi, solchi profondi. Il letto dei mari profondi non è adunque, come dice Alessandro Supan (1) il regno della distruzione, bensì quello dei sedimenti, i quali di regola non danno origine a nuovi rilievi, ed anzi concorrono ad addolcire e ad uguagliare quelli già esistenti.

(1) *Grundzüge der physischen Erdkunde*, edizione 2ª, pag. 194.

A partire dalla costa di una massa continentale e, in generale, della terraferma, il fondo del mare si abbassa gradatamente sino alla profondità di 200 metri. Questo primo gradino, che accompagna tutte le coste, è molto variabile nella sua larghezza, ed è quello del *mare basso*. Non sempre però il confine tra il mare basso ed il mare profondo è segnato dalla linea *isobata* (1) di 200 metri. Nel Golfo di Guinea, nel Golfo di Aden, lungo la costa settentrionale dell'Algeria, il mare basso giunge solamente a profondità variabili da 50 a 80 metri, e al di là di queste linee isobate incomincia subito la ripida discesa. Per lo contrario, il mare basso ad occidente della Irlanda è separato dal mare profondo dalla isobata di 400 metri, per la qual cosa già il Godwin-Austen aveva esteso sin là il lembo occidentale della piattaforma continentale dell'Europa. Così pure il Banco di Terranuova si abbassa dolcemente verso levante sino alla profondità di 400 metri, al di là della quale discende con ripidi fianchi negli abissi oceanici (2).

Quantunque il carattere del mare basso stia nella mancanza di grandi differenze nelle profondità, il fondo è tuttavia ben lungi dall'essere dappertutto privo di accidentalità, le une positive, le altre negative. Tra le prime accenniamo

---

(1) Diconsi linee *isobate* (ἴσος, uguale; βαθύς, profondo) le linee che si immaginano condotte per i punti aventi uguale profondità.

(2) PENCK, *Op. cit.*, II, pag. 617.

i *banchi di sabbia*, che si innalzano sino a toccare il pelo delle acque, e le piccole alture rocciose conosciute col nome di *scogli*, delle quali le une si avvicinano di molto al livello del mare (*Riffe* dei Tedeschi, *Ressifs* dei Francesi), le altre lo sorpassano. Notiamo specialmente gli scogli corallini, appartenenti al tipo degli scogli costieri, che si trovano nei golfi americani di Honduras e del Yucatan, in mezzo alle grandi isole della Sonda, nel Golfo Persico, nel Mar Rosso, e in molti altri luoghi. E qui è a notare, che gli scogli di rocce antiche, che si innalzano nelle vicinanze di coste ripide e scoscese, sono quasi tutti sul prolungamento di una catena montagnosa immersa nel mare; e che insieme colle creste delle catene continuano anche nel fondo del mare le valli della adiacente contrada.

Queste ultime, scavate come altrettanti solchi nel mare basso, sono numerosissime. Grandiosissima è quella che incomincia alla foce ad imbuto del Congo, e continua sino alla linea di limite tra il mare basso e il mare profondo: questo immenso solco è profondo in questo luogo ben 1050 metri, sottostando di 850 metri al letto del mare nelle sue adiacenze. Dirimpetto al luogo in cui il fiume Adour gettavasi in mare sino alla fine del secolo 14°, il cosidetto *Gouf de Cap Breton* penetra nel mare basso con una larghezza di 15 chilometri e colla profondità di 1200 metri: si decompone quindi in molti rami, e, diminuendo gradatamente nella larghezza e nella profondità viene a terminare a due chilo-

metri dalla costa (1). Il *Gouf de Cap Breton* ci offre uno dei più tipici esemplari delle valli sottomarine (2).

A lato dei banchi di sabbia si trovano sovente degli avvallamenti in forma di fossati e di canali, che gli Inglesi chiamano *pits*, i Tedeschi *kulen*, e si possono distinguere col nome generale di *cavità*. Questi avvallamenti sono assai frequenti nel fondo del Mare del Nord; tra essi primeggia la *Silberkule* vicina al Dogger-Bank, dell'area di 1750 chilometri quadrati. In generale sono comuni nei mari bassi, in cui si manifesta un forte movimento di marea, e specialmente nelle discontinuità dei lidi (freccie, cordoni littorali), ove le correnti dovute all'azione delle maree produssero depressioni abbastanza notevoli relativamente al fondo circostante. Sulla costa dello Schleswig-Holstein si avvertono parecchie depressioni tra loro collegate, di cui la maggiore, detta *Lister Tief*, è profonda da 32 a 34 metri, (3). Esempi analoghi si trovano in altre regioni; così

---

(1) Berghaus, *Physikalischer Atlas*, tav. 23, nella cartina *Capbreton Tief und Gascogner Düne*.

(2) Abbondano le valli sottomarine nel Golfo di Genova. A 3230 metri dalla costa, la valle della Roia è profonda 536 metri; le rive dominano il fondo della valle dall'altezza di 200 metri: a 7650 metri la profondità della valle è di 931 metri, e le rive la dominano, sull'un lato, di 445, sull'altro di 410 metri.

(3) Berghaus, *Ibid.* nella cartina *Lister Tief und Nordfriesische düne.* Il Lister Tief comunica ad oriente col *Römer Tief* (dall'isola di Röm), a sud-est coll'*Hoyer Tief.*

le cavità nel mare basso delle due Caroline (America Settentrionale), di cui il Weule tratta in un suo importante lavoro pubblicato nell'anno 1891 (1). In fine, in ogni punto ove è interrotto il cordone littorale che separa il dominio della laguna Veneta dall'alto Adriatico, esistono queste cavità, la più importante delle quali, egregiamente illustrata e discussa dal giovine e valente geografo Olinto Marinelli, e dall'ingegnere A. Contin, è nel Porto di Malamocco, ed è profonda quasi 50 metri (2).

Dopo essersi abbassato dolcemente sino alla profondità di 200 metri, il fondo del mare cade più ripidamente sino a quella di 3000 metri, dimodochè nella maggior parte dei casi — quando cioè si tratta di coste piane — la isobata di 2000 metri è più vicina alla isobata di 200 metri di quanto questa lo sia alla linea costiera. Così tra l'India posteriore e l'alto Grande Oceano la isobata di 200 metri si sviluppa soltanto al di là dell'isola Borneo, cioè ad una distanza superiore a 2000 chilometri. Diversamente succede presso

(1) K. Weule, *Beiträge zur Morphologie der Flachküsten* nel volume VIII della *Zeitschrift für wissenschaftliche Geographie*, pag. 211-256.

(2) O. Marinelli, *Una singolarità batimetrica nella Laguna Veneta* in *Rivista geografica italiana*, annata 1ª, pag. 250-252: — *Intorno alla origine della profonda cavità esistente nel Porto di Malamocco*, nel medesimo periodico, annata III, pag. 200-211; — A. Contin, *Sul profondissimo gorgo esistente nel campo interno del Porto di Malamocco*, nell'*Ateneo Veneto* (1895), pag. 100-109.

le coste ripide e scoscese. Il limite occidentale della costa della California (1) si trova già ad una distanza variabile da 50 a 90 chilometri; presso Valparaiso (Cile) il mare è già profondo 3100 metri alla distanza di soli 15 chilometri dalla spiaggia (2).

Al disotto della profondità di 3000 m. il letto marino si abbassa di nuovo dolcemente sino alle profondità massime. Valga, ad illustrazione di ciò, il quadro seguente, nel quale sono indicate le pendenze a diverse profondità nella sezione fatta attraverso l'Atlantico, dalla costa africana (sotto la latitudine sud di 10°) sino al lembo del bacino occidentale:

Profondità	Pendenze
0-200 metri	0° 14′
200-1000 „	1 50
1000-2000 „	1 9
2000-3000 „	1 9
3000-4000 „	0 34
4000-5000 „	0 11
Bacino orientale	—
5000-4000 metri	0 4
4000-3000 „	0 10
Dorso montagnoso di separazione	—
3000-4000 metri	0 23
4000-5000 „	0 15
5000-6000 „	0 11

(1) Il limite sottomarino dei continenti è, in generale, determinato dalla isobata di 200 metri.

(2) Boguslawski, *Ozeanographie*, I, pag. 64.

Le maggiori pendenze (1° 50′) sono alquanto superiori a quelle delle valli alpine di moderata discesa, quale sarebbe, ad esempio, la valle del Sill nel Tirolo (1° 27′) (1), e si possono paragonare alla discesa dalla catena degli Alti Tauern al piede delle Alpi nell'Alta Baviera (1° 45′).

Nei mari profondi più di 3000 metri le pendenze concordano a un dipresso con quelle dei bassopiani (2). Questa regola, se così puossi chiamare, va però soggetta a molte eccezioni. A partire dalla piattaforma, profonda 200 metri, sulla quale posano le isole Britanniche — il cui lembo si trova a poco più di 100 chilometri dalla costa occidentale dell'Irlanda sotto il parallelo nord di 55° — donde una pendenza di appena 0° 7′ (3), si nota sino a 500 m. il pendìo di 1° 43′, da 500 a 1000 m. quello di 2° 52′, da 1000 a 2000 quello rilevante di 5° 43° (4). Grandi pendenze accompagnano tutta la costa meridionale della Guinea, dal Capo Sierra Leone alle bocche del Kuarra (Niger). Così, ad oriente del

---

(1) La Sillthal tributaria a destra dell'Inn prende inferiormente il nome di *Wipptha l*. La testa della valle è nel colle del Brennero.

(2) Supan, *Grundzüge der physischen Erdkunde*, pag. 195.

(3) Chiamando α l'angolo di pendenza si ha nel caso particolare che si considera, $\tan \alpha = \frac{1}{51}$, donde $\alpha = 0^\circ 7'$.

(4) Il fianco meridionale del massiccio del Monte Rosa sino a Biella ha una pendenza media di 5°, per essere la distanza di 50 chilometri, e la differenza delle altitudini di 4600 metri circa.

Capo delle Tre Punte, il fondo del mare discende di 2975 metri nel tratto di 12 chilometri, il che dà una pendenza di 13° 55′. Sul fianco orientale del cosidetto *berretto fiammingo* (Vlämische Kappe), banco che si innalza ad oriente dell'isola di Terranuova, le linee isobate di 1500 e di 3500 metri sono distanti l'una dall'altra, nel senso orizzontale, 14600 metri soltanto. La pendenza media è adunque di 7° 48′: in alcuni luoghi si hanno però angoli di 29 gradi (1). Da due banchi vicini a Siracusa, e profondi circa 600 metri, il fondo del mare si abbassa, per una distanza orizzontale di 8 chilometri, di 3658 metri, e così con una scarpa del 375 per 100, equivalente all'angolo di 21 gradi.

Le grandi aree oceaniche — ed anche mediterranee — circondate da pareti a notabile pendenza, quali sono, tra le molte, quelle ora accen-

(1) La *Vlämische Kappe* è situata tra le latitudini nord di 49° 10′ e 46° 10′, e le longitudini occidentali di 42° e 46°. I numerosi scandagli, colà eseguiti dalla nave *Faraday* della ditta Fratelli Siemens di Londra, furono oggetto di una preziosa dissertazione del Krümmel, pubblicata negli *Annalen der Hydrographie* (1883, fascicolo di gennaio) col titolo di *Tiefseelotungen des Siemens'chen Dampfers Faraday*. Le grandi pietre, qua e là seminate sulla superficie della *Vlämische Kappe*, possono essere considerate come un colossale accumulamento erratico, la cui origine è a ricercarsi nel materiale delle montagne di ghiaccio trasportate dalla corrente polare del Labrador, e sciogliententisi al loro incontro colla calda corrente del golfo. V. Krümmel, *Der Ozean*, pag. 57, e Boguslawski in *Geographisches Jahrbuch*, IX, pag. 449.

nate, non hanno per nulla un fondo che sia dappertutto piano e regolare. Tutte le isole che sorgono da grandi profondità hanno pareti di grande pendenza. Tutto allo intorno del gruppo delle Bermudas le profondità marine sono da 3500 a 4500 metri, ed il gruppo stesso può essere considerato come la cima di una montagna sottomarina, la quale ripida si innalza dal fondo del mare a guisa di una immensa colonna poggiante su di una piccola base: la pendenza del fondo del mare è colà, in media, di 23°, e giunge, a sud-est e a nord del gruppo, sino a 34°. L'isola di San Tommaso, nel Golfo di Guinea, cade sino a 1800 metri con pendii di 21 gradi; a profondità minori l'angolo di pendenza giunge fino a 35 gradi. Così pure, l'isola del Principe ha da 211 a 565 metri un pendìo di 35°: quindi, sino a m. 1026, quello di circa 29 gradi. Anco più ripidi sono i fianchi di alcune isole coralline (1). In Taiti le pendenze giungono, in alcuni luoghi sino a 70 gradi.

Molti banchi hanno pure fianchi assai ripidi. Il fianco meridionale del banco sottomarino conosciuto col nome di *Collina Faraday* (tra la Vlämische Kappe e l'Irlanda) ha delle pendenze da 19° a 25°. Il banco *Dacia* (dalla nave Dacia, anno 1883) al nord delle isole Canarie, si innalza in un mare profondo 4000 m., e sino a 90 m. di profondità dimostra una pendenza di 27 gradi.

---

(1) Anche le Bermudas sono di formazione corallina, di cui rappresentano il gruppo più settentrionale.

Il contrasto tra il mare basso e il mare profondo — la cui linea di separazione, come si è detto, è comunemente segnata dalla isobata, di 200 metri — si manifesta, non solo morfologicamente per la diversa pendenza del fondo nell'uno e nell'altro, ma ancora per due altri fatti, l'uno dei quali, già toccato più sopra, consiste in ciò, che l'azione meccanica del movimento delle acque si arresta a quella profondità di 200 metri, e l'altro, che i raggi luminosi penetrano sino al letto del mare basso, dimodochè la vita vegetale e la vita animale trovano in esso condizioni affatto diverse da quelle che corrispondono al mare profondo.

Praticamente i mari bassi hanno maggiore importanza dei mari profondi, specialmente perchè sono i luoghi principali per l'esercizio della grande pesca. Essi presentano inoltre un grande interesse sotto l'aspetto geografico — geologico, in quanto che tutto concorre a dimostrare che gli altipiani sottomarini profondi meno di 200 metri erano altravolta — verso il mezzo dell'epoca terziaria — parti asciutte dei vicini continenti (1). È ancora a notare che molti mari mediterranei ed adiacenti appartengono, per la loro totalità, alla categoria dei mari bassi, quali sarebbero il Golfo Persico (profondità media = 35 m.: profondità massima = 90 m.), il mare basso della Malesia composto dei Mari di Giava e di Borneo e del Golfo di Siam (prof. media = 60 m.),

(1) V. la nota 1 a pag. 59.

il Golfo di Carpentaria ed il Mare di Arafura (prof. media = 70 m.), il mare basso nella parte orientale del Mare di Bering (prof. media = 80 m.); altri vi appartengono per una parte della loro superficie, come il Mare del Nord, il Mar Baltico, il Mar Cinese orientale.

Dei Mediterranei intracontinentali, si distingue, per la estensione delle sue parti profonde meno di 200 metri, il Mediterraneo australasiatico: nel Mediterraneo romano appartengono alla categoria dei mari bassi la sezione settentrionale dell'Adriatico, i golfi africani di Sydra e di Cabes (Grande Sirte e Piccola Sirte degli antichi), e la sezione nord-ovest del Mar Nero che riceve le acque del Danubio, del Dniester, del Bug, e del Dnieper. Il Mediterraneo americano è un mare basso a settentrione del Yucatan, ad occidente della Florida e ad oriente dell'Honduras. Probabilmente è della stessa natura una parte del Mar glaciale artico, dalla Terra di Francesco Giuseppe e dalla Novaia Semlia sino all'America nord-ovest (1).

Le grandi distese che negli Oceani aperti hanno profondità di 3000 e più metri, sono assai più antiche dei mari bassi. Dallo studio della vita animale propria a quegli abissi oceanici si deduce, che già nei primi periodi della storia della Terra l'Oceano Atlantico ed il Grande Oceano avevano estensioni non diverse dalle attuali. Nes-

(1) BERGHAUS, *Physikalischer Atlas*, tavola 19. V. tuttavia, più sotto, ciò che è detto di questo bacino artico secondo le osservazioni del Nansen.

suna comunicazione per via di terra esistette mai tra l'Africa tropicale e l'America meridionale, e l'antichissima indipendenza della grande Madagascar rispetto al continente africano si può dedurre dalle profondità maggiori di 3000 metri che caratterizzano il Canale di Mozambico.

Da alcuni autori (1) si confonde il *Mare basso* (Flachsee dei Tedeschi) coll'*altipiano continentale* (Kontinentalplateau), cioè colla continuazione della costa, la quale, di regola, si abbassa sino a 200 metri, ma in alcuni luoghi, come si è detto, si arresta a 50 o 80 metri, in altri si spinge sino a 400 metri. Ma ciò non è sempre. Ad esempio, il Mare del Nord ed il Mar Baltico sono due *mari bassi* (poco profondi), ma solamente il primo è un altipiano continentale, mentre il Baltico è un vero bacino.

Rispetto a questa parte della nomenclatura oceanica notiamo i nomi di *intumescenza* (Schwelle dei Tedeschi) per i sollevamenti sottomarini che terminano con superficie piane; di *dorsale* (Rücken) per quelli di grande estensione e dai ripidi fianchi; di *altipiani* (Plateaus) per i sollevamenti nei quali domina una estensione lineare. Negli avvallamenti si distinguono le *conche* (Mulden) quando prevale la dimensione orizzontale; i *bacini* (Becken) se irregolari; le *fosse* (Graben); le *cavità* (Pits, Kulen, ecc. (2).

Gli imperfetti strumenti che ancora cinquanta anni or sono si adoperavano per la misura delle profondità marine conducevano comunemente a risultamenti molto superiori ai reali.

(1) Così il Thoulet nella sua *Océanographie statique*, pag. 108, ed anche il Supan nella sua opera più volte citata di Geografia fisica, pag. 196.

(2) Supan, *Die Bodenformen des Weltmeeres*, in *Mitteilungen*, 1899, pag. 177 e seg.

La possibilità, che in uno od in parecchi luoghi la profondità dell'Oceano sia anco maggiore di quelle che il capitano Denham della nave inglese *Herald* e il luogotenente Parker della nave degli Stati Uniti *Congress* assicuravano di aver misurato, nel 1852, nell'Atlantico meridionale, non si potrebbe negare senza peccare di imprudenza. Per 21 anni si ritenne che la massima profondità dell'Oceano fosse quella di 8513 metri misurata dalla nave *Tuscarora* poco lungi, a S. E., dalle isole Curili: or bene, nell'anno 1895 la nave da guerra inglese *Pinguin*, comandata dal capitano Balfour, la quale già aveva misurato la profondità di 8960 metri nel Pacifico meridionale e precisamente alla latitudine sud di 23° 40′ e la longitudine occidentale di 175° 10′, non lungi dal luogo in cui, nel 1888, il capitano Aldrich aveva misurato la profondità di 8101 metri, rivelò, con scandagliamenti ulteriori, l'abisso di 9427 metri nel luogo avente per latitudine sud 30° 28′ e 196° 39′ di longitudine occidentale (1). E, secondo una notizia affatto recente data dal *New York Sun*, il comandante Hodges, capitano del *Nero* (Nerone) della marina degli Stati Uniti, avrebbe scoperto, nel Pacifico Nord, una fossa oceanica profonda più di ogni altra sin qui misurata. Questa depressione, detta *fossa del Nero*, è situata tra le isole Midway e Guam (Marianne): gli scandagliamenti fatti dal capitano Hodges diedero

(1) V. *Geographische Mittheilungen*, 1895, pag. 248 e 1896 pag. 69.

per risultati 5160 braccia inglesi (m. 9435,44) e 5269 braccia (m. 9635,76), Quest'ultima profondità supererebbe adunque, di circa 215 metri, la profondità misurata a bordo del Pinguin e di 1120 metri quella del Tuscarora (1).

Se non che, la profondità di 14100 metri, che il capitano Denham diceva di avere misurato nel luogo avente per latitudine sud 26° 49′ e per longitudine occidentale 37°, e quella di 15180 metri che il luogotenente Parker avrebbe a sua volta misurato alla latitudine sud di 35° 35′ e alla longitudine occidentale di 45° 10′, corrispondono invece a luoghi, nei quali, secondo gli accurati scandagliamenti fatti a bordo della nave inglese *Challenger* e della nave tedesca *Gazelle*, le profondità oscillano solamente tra 4400 e 5300 metri.

Alla opinione, già accolta concordemente dai geografi, che le massime profondità marine corrispondessero alle maggiori distanze dalle coste, cioè ai luoghi centrali degli Oceani, contraddicono i risultamenti delle moderne operazioni di scandaglio. " Invano, dice il De Lapparent, si " cercherebbe, in un Oceano, qualche disegno di " insieme, attestato dalla convergenza di tutte " le pendenze verso una fossa centrale. Così, dalla " costa del Perù a quella del Camciatca nella " direzione da sud-est a nord-ovest, il fondo del " Pacifico è una pianura uniforme, la cui pro-

(1) La Géographie, *Bulletin de la Société de Géographie*, annata 1900, pag. 476.

" fondità è compresa tra 4000 e 6000 metri.
" Soltanto verso le isole Curili, cioè in una po-
" sizione assolutamente eccentrica, compare una
" fossa allungata parallela alla catena insulare,
" tra le Aleutine ed il Giappone, nella quale lo
" scandaglio è disceso fino a 8513 metri „ (1).
Ed in posizione eccentrica trovansi pure la fossa nella quale si svolsero le operazioni del *Pinguin* (ad oriente del piccolo gruppo delle Kermadec), e la fossa del *Nero* (tra le Marianne e le Caroline).

Nell'Atlantico lo stesso fatto si ripete. La massima profondità (8341 m.), misurata a bordo della nave *Blake* degli Stati Uniti (capitano H. W. Brownson), si trova al nord di Portorico, e precisamente alla latitudine nord di 19° 39′ e alla longitudine occidentale di 66° 26′.

Lo stesso dicasi dell'Oceano Indiano, la cui profondità massima (6705 m.) sino ad oggi conosciuta e misurata nel 1898 dalla nave *Recorder* corrisponde alla latitudine sud di 11° 22′ e alla longitudine orientale di 116° 50′, cioè a mezzogiorno di Giava e delle piccole isole della Sonda. Grandi profondità furono pure misurate ad occidente dell'Australia (5800 m.) e dirimpetto alla Grande Baia Australe (5600 m.).

Veniamo ora all'esame particolareggiato, prima degli Oceani aperti, quindi dei mari secondari, incominciando dall'Oceano Atlantico, di tutti i bacini marittimi il meglio conosciuto sotto ogni

(1) De Lapparent, *Leçons de Géographie physique*, pag. 15.

rapporto, specialmente nella sua parte settentrionale.

L'opinione del commodoro Maury (1), che l'Oceano Atlantico sia come un immenso truogolo estendentesi dall'un circolo polare all'altro, cade dinanzi ai risultamenti delle recenti operazioni di scandaglio. Dai quali invece si ricava, che quasi nel mezzo dell'immenso bacino si estende, nella generale direzione da mezzodì a settentrione, una serie di dorsali sottomarine della profondità oscillante tra 1800 e 3000 metri, la quale colla sua forma sinuosa ripete approssimativamente i contorni delle coste dell'Antico e del Nuovo Continente. Dalla latitudine australe di circa 41 gradi la dorsale si sviluppa verso settentrione, e, poco lungi dalle isole Tristan da Cunha, manda verso nord-est un ramo che si estende sino al continente africano, e forma la linea di separazione tra il bacino orientale e la cosidetta *conca del Capo*. Poco lungi dalla linea equinoziale il corpo principale della dorsale è interrotto da un avvallamento, che si dirige quasi a mezzogiorno con profondità variabili da 7400 (vicino all'equarore) e 6000 metri (presso il 20° parallelo australe). Al di là di questa depressione la dorsale continua nella direzione del nord-ovest sino al parallelo 30° ed al meridiano 60° occidentale, ma verso il tropico del Cancro manda verso nord-

(1) *Geografia fisica del mare,* pag. 342 della traduzione italiana per cura del capitano Luigi Gatta.

est un ramo importantissimo detto *altipiano atlantico*, il quale si allarga più lungi nel grande altipiano conosciuto per alcun tempo col nome di *Dolphin Rise*, e in oggi con quello di *altipiano delle Azore*. Più al nord si unisce colla *dorsale Islandese*, la quale dal basso Mare del Nord si estende sino alla Groenlandia, e le cui parti più elevate, alla profondità di 649 e 660 metri, sono al sud delle Färöer e nello stretto di Danimarca. Al di là di questo sollevamento, la valle dell'Atlantico continua nel bacino del Mar Glaciale, la cui massima profondità è tra le Spitzbergen e la Groenlandia. A proposito di che dice Alessandro Supan (1), che il vero limite tra il Nuovo Mondo e l'Antico è segnato dalla linea profonda dell'Atlantico, mentre nel Mare di Bering i due continenti sono tra loro uniti per mezzo di un mare basso (appena profondo 52 metri nello stretto del medesimo nome).

Le grandi profondità dell'Atlantico si trovano adunque tra il dorso sottomarino, testè descritto, dall'un lato, e i lembi dei due grandi continenti dall'altro. Ad oriente della dorsale la serie delle depressioni incomincia al parallelo 50° australe nella *Conca del Capo* colla massima profondità di 5500 metri; e continua, al di là del ramo laterale che si distacca dalla dorsale verso le isole di Tristan da Cunha, col *bacino africano occidentale* profondo sino a 5900 metri (lat. S. = 5°;

(1) Op. cit., pag. 198.

long. = 0) (1). Al di là del Capo Palmas e a sud-ovest delle isole del Capo Verde si estende il bacino di questo nome, profondo nella sua sezione sud-ovest 6015 metri (2). Al nord del tropico del Cancro il gruppo delle Azore è separato dalle isole africane occidentali per mezzo del profondo *solco orientale delle Azore* che si estende sino alla latitudine di 45°; a 425 chilometri ad occidente dal Capo Finisterre gli scandagli della *Gazzella* accusarono la profondità di 5100, mentre ad oriente dell'altipiano delle Azore venne dalla spedizione del *Challenger* misurata una profondità di 5420 metri.

A 90 chilometri, sud, dalle Azore, cioè in un luogo in cui erano da aspettarsi profondità da 2000 a 3000 metri, il Principe Alberto di Monaco, a bordo della *Princesse Alice*, riconobbe nel 1896 profondità non maggiori di 241 metri. Le indagini, continuate parecchi giorni, dimostrarono la esistenza di un banco, del circuito di 55 chilometri, e con due punti culminanti profondi appena 76 e 45 metri. Questo banco, al quale venne posto il nome della nave, può essere, come luogo di pesca, di grande vantaggio agli abitanti delle Azore, poichè l'industria della pesca non potè mai essere esercitata, sin qui, da quegli isolani a cagione delle grandi profondità del mare adiacente all'arcipelago.

Ad occidente si notano il grande *bacino brasiliano* dall'equatore alla latitudine sud di 30°, che nella

---

(1) Nella parte detta bacino del Benguela, tra l'isola Sant'Elena e l'Africa occidentale, la nave *Essex* misurò 5600 m. di profondità.

(2) Profondità misurata nel novembre 1879 a bordo della nave *Wachusett*.

fossa della Trinidad, nelle vicinanze dell'isola di questo nome, è profondo 6010 m. (1); la fossa delle *isole Vergini* colla massima profondità di 8341 m. al nord dell'isola Portorico (2); la *conca* dell'Atlantico settentrionale al sud del Gran Banco di Terranuova con profondità di 6000 m.; il *bacino del Labrador*, a nord-est dello stesso banco, colla profondità massima di 4400 metri. Profondità maggiori di 5000 metri si trovano nel *bacino Argentino* al sud della foce del Rio de la Plata.

Ancora pochi anni or sono, le condizioni batimetriche dell'Oceano Indiano erano così poco conosciute, che nella carta pubblicata dal sig. Otto Krümmel nel periodico *Zeitschrift für wissenschaftliche Geographie* (3) parecchi spazi estesissimi portano l'annotazione *Nessun scandaglio* (Keine Lotungen). L'egregio oceanografo non poteva difatti disporre in allora (nell'anno 1881) che degli scandagliamenti effettuati nella parte nord di quel bacino oceanico dai capitani Bullock (nave *Serpent*), Shortland (*Hydra*), Pullen (*Cyclops*) e dal capitano Halpin della marina mercantile Britannica, di quelli del barone Von Schleinitz comandante della *Gazzella*, nella parte meridionale tra le Mascarene, il gruppo di Kerguelen e l'Au-

(1) Misurata dal capitano Schley, della nave *Essex*, nell'anno 1878.

(2) V. pag. 68.

(3) Volume 2° (1881), pag. 116: *Bemerkungen zur Tiefenkarte des Indischen Oceans.*

stralia occidentale, e degli scandagliamenti del *Challenger*, dalla Città del Capo a Kerguelen e, più lungi a sud-est, sino al di là della *fossa di Jeffrey*. Mancanza assoluta di scandagliamenti si lamentava nel grande spazio compreso tra le latitudini sud di 10° e 30°, e le longitudini orientali di 65° e 110°, come pure, strana cosa, nel Golfo del Bengala e a mezzogiorno del continente Australiano.

Questi spazi sconosciuti dell'Oceano Indiano furono, da quell'anno in poi, attraversati da parecchie spedizioni allestite per iscopo scientifico, tra cui quella della nave *Enterprise* (capitano Barker) nel 1883; dell'*Essex* (capitano Jewell) nel 1876, del *Flying Fish* nel 1887, dell'*Egeria* (capitano Pelham Aldrich) nel medesimo anno; dell'*Investigator* in diversi periodi dal 1888 al 1893; del *Sherard Osborn* nel 1888, della *Seine* nel maggio del 1890, del *Recorder* (1888), del *Great Northern* nel 1888-89, della nave austriaca *Fusana* nel 1890, dello *Stork* (1891-92), del *Marathon* nel 1893, ecc. Dalle operazioni di scandaglio eseguite a bordo della *Gazzella* e del *Challenger* si trae che nessuna profondità di 4000 m. esiste a mezzogiorno della linea condotta dal Capo di Buona Speranza al Capo Leeuwin (estremità sud-ovest dell'Australia). Da quelle più recenti siamo venuti a conoscere, che ad occidente del meridiano del Capo Comorino poche sono le profondità maggiori di 5000, tra le quali quella di 5260 a mezzogiorno delle Mascarene (lat. S. = 26° 23'; long. E. = 55° 25'), e che le profondità massime

dell'Oceano Indiano corrispondono al bacino orientale, limitato a mezzogiorno e ad occidente dalla linea condotta dai dintorni dello stretto di Bass a quelli della costa sud-ovest di Sumatra, e spingentesi ad occidente sino al meridiano 85° orientale. In questo bacino orientale si notano specialmente le profondità di 5651 m. (lat. S. = 15° 38'; long. E. = 93° 53'), di 5852 m. (lat. S. = 9° 18'; long. E. = 105° 28'), e quella già accennata di 6205 metri (lat. S. = 11° 22'; long. E. = 116° 50').

Grandi profondità, superiori a 4400 metri regnano nella sezione tra le Seicelli e le Laccadive: questo fatto si opporrebbe decisivamente alla ipotesi di un antico continente (Lemuria), il quale, secondo molti geologi, sarebbe scomparso durante l'epoca terziaria (1).

Nella breve memoria pubblicata nell'anno 1881 e già citata più sopra (2), il dottore Krümmel così si esprimeva a questo proposito: " Ove trovasi la Lemuria?
" A settentrione, ad oriente e a mezzogiorno di Madagascar non si hanno che profondità superiori a 2000
" braccia (3650 m.), ad eccezione degli stretti dorsi che
" si innalzano sino al disopra della isobata di 100 braccia
" (172 m.), e sono segnati dalle Seicelli, dai banchi di
" Saya-Malha e da quelli di Nazareth. Anche tra l'atollo
" di Addu della catena delle Maledive e le isole Ciagos
" si notano profondità di 4570 m. Si avverta inoltre, che
" già a 45 miglia nautiche dalla costa sud-est di Ceylon
" gli scandagliamenti accusarono una profondità di 2345

(1) Krümmel, *Der Ozean*, pag. 69.

(2) Krümmel, *Bemerkungen zur Tiefenkarte des Indischen Oceans*, nel vol. 2° della *Zeitschrift für wissenschaftliche Geographie*, pag. 117.

" metri, e che a quasi uguale distanza da Diego Garcia
" nelle Ciagos e da Point de Galle nell'isola di Ceylon,
" e così sotto la latitudine S. di 3° 30′ e la longitudine
" E. di 82° 30′, si misurò la profondità di 2455 braccia
" (4467 m.). Queste profondità conducono alla conseguenza,
" che qui si ha a fare con un fondo antichissimo, il
" quale appena nell'epoca terziaria si sarebbe innalzato
" al disopra della superficie marina, dopo di che si sa-
" rebbe nuovamente abbassato. E così l'esistenza della
" Lemuria, d'ora in poi, dovrà essere ritenuta come fan-
" tastica, a guisa dell'isola Atlantis di Platone „ (1).

A seconda delle sue condizioni di profondità l'Oceano Pacifico si divide in due grandi bacini separati, secondo il Boguslawski, dal 150° meridiano occidentale, secondo il Krümmel dalla linea che si immagina condotta da Yeddo (nel Giappone) al Capo Hoorn (2). Ermanno Wagner

(1) La ipotesi di un antico continente estendentesi dall'Africa alle Indie si fondava sulla distribuzione dei Lemuridi (donde il nome di *Lemuria*), i quali trovansi non solo in Ceylon e in Madagascar, ma eziandio in alcune parti dell'Asia meridionale e dell'Africa meridionale ed occidentale. Il Wallace rigetta questa ipotesi, per la ragione che i Lemuridi, come residui di una famiglia molto estesa, la cui presenza venne pure dimostrata durante il periodo eocenico dell'Europa e dell'America settentrionale, poterono conservarsi in distretti molto lontani gli uni dagli altri, dimodochè non riesce punto necessario ammettere che questi distretti sieno stati tra loro in comunicazione diretta. V. Supan, *Grundzüge der physischen Erdkunde*, pag. 556.

(2) Boguslawski, *Ozeanographie*, I, pag. 101; Günther, *Handbuch der Geophysik*, II, pag. 406; Krümmel, *Der Ozean*, pag. 69.

lo divide in tre parti: la prima a nord-ovest della linea condotta dalle isole Samoa a S. Francisco, e le due altre, che sono rispettivamente la sezione orientale e la sezione occidentale del Pacifico meridionale (1). Le esplorazioni eseguite nella cerchia del Pacifico, dopo le spedizioni del *Challenger* e della *Gazzella*, paiono essere più favorevoli alla divisione proposta dal Wagner, alla quale io qui mi attengo.

Il bacino nord-ovest è profondo, in media, più di 5000 metri, ed è soltanto interrotto dall'intumescenza delle *Hawaii* o *Sandwich*, diretta, a partire dalle isole di questo nome, verso ovest-nord-ovest. Il *canale del Tuscarora*, detto altrimenti *Fossa delle Curili* o *del Giappone*, è profondo, in media, più di 8000 m. e fa parte della *Fossa nord-ovest del Pacifico*, fiancheggiante la serie delle isole che dal Giappone si estendono sino al territorio americano di Alaska. Come già si è avvertito più sopra, è nel solco del Tuscarora che venne misurata nel 1874 la profondità di 8513 metri. Bacini profondissimi sono pure la *Fossa delle Filippine* e quella delle *Caroline* la prima ad occidente, la seconda a mezzodì dei dorsi sottomarini che sopportano le isole Bonin e le Marianne. Parte della Fossa delle Caroline è probabilmente la *Fossa del Nero*, nella quale il capitano Hodges avrebbe misurato recentemente la enorme profondità di 9636 metri (2). Nel tratto

(1) Wagner, *Lehrbuch der Geographie*, ediz. 6ª, pag. 446.
(2) V. p. 67.

dalle isole Sandwich alle Marianne vogliono essere ricordate le operazioni di scandaglio eseguite (nell'anno 1884) a bordo della corvetta *Vettor Pisani* (comandante Giuseppe Palumbo), perchè riguardano un bacino quasi totalmente inesplorato prima di quell'anno. Tra le profondità misurate nella conca, profonda più di 5000 metri, scoperta a settentrione dell'Arcipelago Marshall e delle Caroline, è notabile quella di 6271 metri sotto la latitudine nord di 14° 37′ e la longitudine orientale di 159° 10′ (1).

La parte orientale del Pacifico meridionale è, nel suo fondo, una larghissima intumescenza (*Oster-Schwelle*), il cui centro è approssimativamente segnato dall'isola di Pasqua. Grandi profondità furono misurate, specialmente a bordo di navi americane, lungo tutta la costa occidentale dell'America centrale e dell'America meridionale sino al tropico del Capricorno; a soli 150 chilometri dalla linea delle spiaggie il mare è comunemente profondo più di 5000 metri: 6250 metri di profondità furono misurati nel 1881 dal capitano Belknap (a bordo dell'*Alaska*) nella cosidetta *Fossa del Callao*, e precisamente alla latitudine sud di 11° 51′ e alla longitudine occidentale di 78° 54′. Il solco *Atacama*, tra le latitudini australi di 27° e 24° 30′, e poco lungi dalla costa, è più profondo, in media, di 6000 metri, mentre in alto mare, al nord delle

(1) *Bollettino della Società geografica italiana*, anno 1885, pag. 568.

isole S. Felice e S. Ambrogio, non furono trovati che fondi da 4 a 5000 metri. La maggiore profondità del solco Atacama, e, nello stesso tempo, la massima di tutte quelle sin qui misurate nel Grande Oceano orientale, è di 7635 m. e corrisponde alla latitudine sud di 25° 42′ ed alla longitudine occidentale di 71° 31′ 30″. Alquanto più al nord (lat. S. = 24° 54′; long. O. = 71° 27′ 30″) la profondità è di poco più piccola, cioè 7625 m. Alla latitudine di Arica e di Iquique si nota pure la considerevole profondità di 6540 metri (latitudine = 19° 47′ sud; long. O. = 71° 21′). Ora, se noi teniamo conto, che lungo le Aleutine è la massima profondità di 6985 metri (1); che nel Golfo di Alaska il letto del mare è profondo per lo meno 4500 metri, che infine, secondo gli scandagliamenti eseguiti a bordo dell'*Alaska*, del *Ranger*, del *Relay* (al quale si debbono appunto le misure del solco di Atacama) si hanno lungo le coste occidentali del continente americano profondità che superano in molti luoghi 6000 metri, si avranno altrettanti indizi che colà si ha a fare con un orlo continentale fratturato sotto forma di solchi vicini alla terraferma, paralleli alla costa e profondamente incassati, il cui fondo si innalza ripidamente verso il lembo di frattura, e dolcemente verso l'alto mare.

Tra gli scandagliamenti fatti a grande distanza dalle coste, notiamo primieramente quelli della *Vettor Pisani*, nella traversata della costa peru-

(1) Nella cosidetta *Fossa delle Aleutine* (*Aleuten-Graben*).

viana alle isole Sandwich. Da essi si trae una profondità media di 4570 metri, la quale non differisce di molto da quelle calcolate dall'Hochstetter e dal Geinitz in base alla propagazione dell'onda prodotta dai terremoti di Arica (anno 1877) e di Iquique (anno 1868). Per le sezioni da Iquique ad Hilo, da Iquique ad Honolulu, da Arica alle isole Hawaii, le profondità calcolate dai due precitati autori sarebbero le seguenti:

Da Iquique ad Hilo. . . .	m. 4252
Da Iquique ad Honolulu . .	„ 4060
Da Arica alle Hawaii . . .	„ 4691

Da una serie di 57 operazioni di scandaglio eseguite dalla nave *Enterprise* (capitano Barker), dallo Stretto di Cook (tra la due isole principali della Nuova Zelanda) allo stretto di Magellano, si ricava che a sud-est delle isole Warekauri o Chatham il fondo del mare si abbassa rapidamente sino alla profondità di 5490 metri (latitudine S. = 46° 50′; long. O. = 170° 34′); esso si innalza quindi, presso la longitudine occidentale di 160°, sino a 4630 metri, per discendere nuovamente sino a 5330 metri nel luogo avente 49° di latitudine e 150° di longitudine occidentale. Ad oriente del quale nessuna profondità venne trovata superiore a 5000. La intumescenza sottomarina, profonda meno di 4000 metri, scoperta già dal *Challenger* e dalla *Gazelle*, fu pure confermata dall'*Enterprise* alla latitudine sud di 50° e tra i meridiani occidentali di 125 e 107 gradi; ed anzi in un breve tratto nelle vicinanze

del meridiano 117° furono accusate le profondità, relativamente piccole, di metri 2857 e 2895, come già il *Challenger* le aveva rilevate 11 gradi di latitudine più al nord (1). La maggiore profondità del bacino sud-est del Pacifico venne trovata di 4958 m. (lat. S. = 50° 54′; long. O. = 93° 40′), ed anche nelle vicinanze del canale di Magellano l'*Enterprise* misurò la profondità di 3963 metri (lat. S. = 52° 10′; long. O. = 77° 8′) (2).

Nel viaggio della nave baleniera *Albatross* (capitano Moser), da San Francisco a Tahiti per le isole Marchesi e Paumotu (23 ag.-30 sett. 1899), il professore Al. Agassiz riconobbe al nord delle Marchesi un bacino profondo da 4570 a 5770 m., e situato tra il parallelo boreale di 24° 30′ e quello australe di 6° 30′: questo bacino venne da lui battezzato col nome di *bacino Moser*.

Dall'insieme di questi risultamenti si deduce che il bacino orientale del Pacifico non va distinto per grandi abissi nelle sue parti lontane dalle coste occidentali del continente americano, e che nessuna delle profondità sin qui misurate giunge a 6000 metri.

Nella parte occidentale del Pacifico meridionale le recenti esplorazioni hanno rivelato la esistenza di veri abissi, i quali superano nella profondità il solco stesso del Tuscarora. Dalle isole Viti o Figi alla Nuova Zelanda si estende un dorso

---

(1) V. la tav. 8 del vol. 23 (1877) delle *Geographische Mittheilungen*, dal titolo *Tiefenkarte des Grossen Oceans*.

(2) *Geographisches Jahrbuch*, vol. XI, pag. 91.

sottomarino della profondità variabile da 2000 a 4000 metri, sul quale si innalzano numerose isole e scogli. Il lembo orientale di questo *altipiano di Tonga* (nome datogli da Alessandro Supan) verso il mare profondo può essere fissato nella linea isobata di 4000 metri. Lungo il lembo medesimo si trovano tre depressioni con più di 6000 metri di profondità. A settentrione, sotto il parallelo australe di 17° 4′ e il meridiano occidentale di 172° 14′ 30″, la nave *Egeria* misurò la profondità di 8248 metri. La depressione mediana si estende allo incirca tra i paralleli australi di 23 e di 24 gradi; in essa si notano le seguenti profondità:

23° 39′	lat. S.;	175° 4′	long. O. . .	9184 m.
24°	„ ;	175° 14′	„ . .	6752 „
24° 37′	„ ;	175° 8′	„ . .	8098 „
24° 49′	„ ;	175° 7′	„ . .	7854 „

I limiti di questa depressione si possono fissare con una certa approssimazione. Verso settentrione il fondo si innalza sino a 2387 metri, ad oriente dell'isola Eua (gruppo delle Tonga); ad occidente trovasi l'altipiano delle Tonga; ad oriente furono misurate profondità di 5000 metri; a mezzogiorno, in fine, il fondo si innalza nuovamente, giacchè nel luogo di latitudine 25° 45′ sud e di longitudine 175° occidentale fu scandagliata la profondità di 4045 metri.

La depressione meridionale è molto più estesa della centrale, essendo compresa tra i paralleli

australi di 26° 30′ e di 31°. Le profondità misurate sono le seguenti:

26° 40′ lat. S.;	175° 10′ long. O.	. .	6126 m.
27° 44′ „ ;	175° 30′ „	. .	8047 „
28° 44′ „ ;	176° 4′ „	. .	9413 „
29° 40′ „ ;	176° 32′ „	. .	7096 „
30° 28′ „ ;	176° 39′ „	. .	9427 „
31° 15′ „ ;	177° 18′ „	. .	6794 „

Il limite occidentale di questa depressione è sconosciuto: pare tuttavia lecito supporre che anch'essa, a guisa della depressione centrale, sia chiusa, da quel lato, da un altipiano sottomarino (1).

Il grande solco *Tonga-Kermadec* — chè così puossi chiamare l'insieme delle tre accennate depressioni — fu pure oggetto delle indagini del professore Agassiz a bordo dell'Albatross. A sud-est di Tonga-tabu gli scandagli diedero una profondità di 8303 metri (2).

Tra le altre depressioni della parte occidentale del Pacifico meridionale sono a notare la *Fossa di Thompson* tra la Nuova Zelanda e l'Australia; la *Fossa* di *Patterson* a nord-est dell'Australia; la Fossa della *Gazzella* (forse meno estesa di quanto prima si credeva) tra la Nuova Zelanda e la Nuova Caledonia; la Fossa di *Carpenter* al nord-est e al nord della Nuova Caledonia; la Fossa di *Nares* al largo settentrionale della

(1) Supan, *Die grössten Meerestiefen*, nelle *Geographische Mitteilungen*, 1896, pag. 69-70.

(2) *Petermann's Geographische Mitteilungen*, 1900, pag. 72.

Nuova Guinea, e parecchie altre di cui sarebbe lunga la enumerazione. In generale, le profondità oscillano tra 4000 e 5000 metri.

Le numerose spedizioni artiche inglesi, svedesi, norvegiane, olandesi e tedesche, che ebbero luogo in questi ultimi anni sotto la direzione di capitani espertissimi e di scienziati illustri, contribuirono a farci conoscere assai bene una grande parte del Mar Glaciale artico, specialmente in quanto si rapporta alla profondità ed alla natura del fondo. La maggiore depressione, a partire dalle regioni al nord del parallelo 80°, si sviluppa tra la Groenlandia e le Spitzbergen, e si scompone presso l'isola Jan Mayen in due rami, il più esteso dei quali, l'orientale, si unisce col solco compreso tra le Shetland e le Färöer. La massima profondità di questa depressione, presso la longitudine zero e la latitudine di 79°, è di 4846 metri (1). Non è fuori del possibile che una seconda depressione si estenda ad occidente dell'Arcipelago di Parry e al nord del territorio di Alaska, poichè nella state del 1850 il capitano Collinson della marina britannica ebbe a riconoscere, non lungi dal capo Barrow, che il fondo del mare si abbassava molto rapidamente (da 120 metri a più di 250 metri in poche ore di viaggio).

Dalla Terra di Francesco Giuseppe alle isole

(1) Secondo le misure effettuate dalla 4ª spedizione svedese sotto la direzione scientifica dell'illustre A. E. Nordenskiöld (anno 1868).

della Nuova Siberia il Nansen notò profondità superiori a 3000 metri ed una di 3800: da ciò non è lecito tuttavia dedurre che tutto il resto inesplorato del bacino artico sia ugualmente profondo (1). Del resto, che la maggior parte del bacino polare artico appartenga alla categoria dei mari bassi, è molto probabile. Le correnti che trasportano le acque polari verso mezzogiorno sono relativamente strette, e pertanto le materie solide trasportate dai grandi fiumi del nord, specie della Siberia, si depositano nel fondo del Mare polare come in quello di un lago, e lo innalzano continuamente. Al che si aggiungono i depositi morenici provenienti dalle montagne di ghiaccio. Ad ogni modo, assai poco profondi sono il Mare a mezzogiorno e ad oriente delle Spitzbergen, quello circostante alla Novaia Semlia (2), il Mar polare asiatico sino ad una distanza considerabile dalle coste siberiane (3), i canali ad occidente della Groenlandia (4), ecc.

---

(1) Krümmel in *Geogr. Jahr.*, vol. XXII, pag. 24.

(2) Ad oriente dell'isola Vaigatsch il Mare di Cara è tuttavia profondo 730 metri.

(3) Nella grande spedizione della *Vega* non si misurarono che profondità da 50 a 60 metri dalle foci dell'Ob e dello Jenissei sino al Serdze Kamen: solo ad oriente del capo Celjuskin le profondità sono da 100 a 128 metri.

(4) In parecchi luoghi della baia di Baffin furono misurate da Giovanni Ross (anno 1818) profondità da 1838 a 1920 metri: quest'ultima alla lat. N. di 72° 23' e alla long. O. di 71° 46' 30".

Quanto al Mare polare antartico, dagli scandagliamenti qua e là effettuati a mezzogiorno del parallelo 60° australe, pare potersi dedurre che il fondo è un altipiano profondo da 1000 a 1500 metri. Le maggiori profondità furono trovate a mezzogiorno dell'Oceano Indiano, mentre al sud del Grande Oceano, in un solo luogo, il mare è profondo 2000 metri (1). Dall'altipiano antartico il fondo si abbassa, nella direzione del nord, sino alle depressioni oceaniche propriamente dette. E qui vuolsi notare la depressione trovata nel dicembre del 1898 dalla nave tedesca *Valdivia* a circa 58° di latitudine sud e tra i meridiani orientali di 8 e di 50 gradi. Le profondità vi sono tutte superiori a 5000 metri, e la massima, alla lat. S. di 58° a circa 36° di longitudine est, è di 5733 metri (2).

(1) È generalmente considerata come fondata su osservazioni erronee la profondità di 7320 metri che Giacomo Clarke Ross avrebbe scandagliato (senza giungere a toccare il fondo) nel luogo di lat. S. 68° 34′ e di long. O. di 12° 49′. John Murray la ritiene invece come certa. V. Fricker, *Antarktis*, pag. 176. E, per vero, dopo le recenti misure del *Valdivia*, la probabilità di tali abissi profondi nel bacino antartico non si potrebbe ragionevolmente escludere.

(2) Il dottore Gerardo Schott dice nella sua Relazione: « Quasi tutte le nostre carte batimetriche suppongono la esistenza di un altipiano antartico sottomarino. Questo concetto è distrutto dalle misure fatte a bordo del *Valdivia* nelle parti orientali dell'Atlantico meridionale e nell'Oceano Indiano. Come venne dimostrata la presenza di un mare profondo verso il polo nord, pare che anche

Nei mari secondarî notiamo primieramente le grandi differenze, per quanto riflette la profondità, tra i mari di ingressione e i mari di transgressione, i primi profondi — quantunque assai meno degli Oceani aperti — i secondi bassi: in secondo luogo le differenze di profondità in uno stesso mare di ingressione.

Rispetto a questo secondo punto, si avverte che di regola generale i letti dei mari di ingressione sono foggiati a truogolo, di modo che i canali e gli stretti che li mettono in comunicazione coll'Oceano sono meno profondi delle parti interne. Siccome, quasi senza eccezione, i bacini aventi quella forma si presentano evidentemente in istretto legame colle spaccature vulcaniche, così essi debbono essere considerati come altrettante aree di sprofondamento, le quali interruppero i grandi istmi che altra volta univano le masse continentali, ora per loro mezzo distinte. Le parti solide giacenti tra queste aree di sprofondamento rimasero così all'antico livello, e le loro *scarpe* sono a considerarsi come altrettante fratture marginali.

Quattro grandi depressioni si notano nel Mediterraneo romano. La prima, detta *esperica*, si estende dalla penisola spagnola alla Corsica ed

---

verso il polo sud vi debba essere un bacino profondo molto esteso: è possibile che la sua massima profondità sia alla lat. S. di 60° ed alla long. E. di 30° „. V. *Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin*, vol. 34, 1899, pag. 156 e 157.

alla Sardegna. La costa algerina, che la limita a mezzogiorno, è una frattura marginale: colà, a soli 55 chilometri dal porto di Algeri, si ha una profondità di 2750 metri. Lo stesso è a dire di una parte delle coste francesi ed italiane: a 22 chilom. da Tolone la profondità è di 2000 metri; così pure per la costa occidentale del Golfo di Genova. La massima profondità di questa prima depressione è di 3150 metri ad occidente della Sardegna (1).

La seconda depressione, detta *tirrenica*, è situata tra la penisola italiana e le due isole di Sardegna e di Sicilia. La linea isobata di 2000 metri, che ne segna il contorno esterno, si mantiene quasi ad uguale distanza dal continente e dalla costa nord della Sicilia (circa 100 chilometri), ed è lontana soli 50 chilometri dalla costa orientale della Sardegna. La massima profondità, di 3730 metri, è a un dipresso nel luogo di incontro del 12° meridiano orientale col parallelo boreale di 40° 20′.

La terza depressione è la depressione *levantina*, tra la Sicilia e l'Egitto (2). Quasi a mezzo cammino dalla punta meridionale della Sicilia a quella occidentale dell'isola di Candia la profondità è di 3970 metri, ritenuta sino a questi ultimi anni

(1) Questa depressione è detta dal Supan *bacino delle Baleari*. V. *Geogr. Mitt.*, 1899, pag. 187.

(2) Il Supan dà a questa depressione il nome di *conca orientale*, e ne segna i limiti nel canale di Otranto, nella Grecia, nell'isola di Candia, nell'isola di Rodi, nell'Asia Minore, nella Siria, nell'Egitto, nella Tripolitania e nella dorsale siciliana.

come la massima di tutte le profondità del Mediterraneo. Più ad oriente, nel luogo di latitudine Nord = 35° 44′ 20″ e di long. Est = 21° 44′ 50″, il fondo del Mediterraneo discende sino a m. 4400 (1). Nel Mare Levantino propriamente detto si notano le profondità di 3865 metri nel golfo tra l'isola di Rodi e la Licia (lat. Nord = 36° 5′ 30″; longitudine Est = 28° 36′); di 3310 metri a sud-est della punta orientale dell'isola di Candia (latitudine Nord = 34° 37′; long. Est = 26° 33′); di 3300 metri dirimpetto alle coste della Marmarica; di 2500 metri nel Golfo di Adalia (costa sud dell'Asia Minore).

La quarta depressione è la depressione *pontica.* Il Mar Nero è un bacino profondo, giacchè più della metà della sua superficie presenta profondità superiori a 2000 metri. Solamente la parte nord-ovest appartiene alla classe dei mari bassi: nessuna profondità maggiore di 200 metri venne trovata al nord-ovest della linea condotta dal luogo di lat. N. 42° 30′ e di long. E. 27° 45′ (ad oriente del porto di Burgas) al luogo di lat. N. 44° e di long. E. 32° 30′ (alquanto al sud della punta sud-ovest della Crimea). Anche al sud di Burgas sino al Bosforo, e, in grado minore, lungo le parti occidentali della costa dell'Asia Minore sino ai dintorni di Bender Eregli, e nelle vicinanze dello stretto di Kersc, la isobata di 200 metri si svolge piuttosto lontana dalla linea delle spiagge. Molto

(1) Secondo lo scandagliamento eseguito dal capitano Mörth della nave austriaca *Pola* nella state del 1891.

poco si allontana la isobata di 2000 metri da quella di 200 metri lungo le coste della Crimea, della Caucasia al nord del parallelo 43°, e dell'Asia Minore tra le longitudini di 35° 45′ e di 30° 15′ Est: più lontane sono le due linee nella parte meridionale della costa orientale, nella parte orientale della costa meridionale, e anco più nella sezione occidentale del bacino pontico. La massima profondità è di 2618 metri tra Sebastopoli ed Ineboli: tra Ialta (costa sud-est della Crimea) e Sinope venne misurata la profondità di 2616 metri (1).

Secondo le carte inglesi di alcuni anni sono la maggiore profondità del Mare di Marmara sarebbe stata di 1356 metri, e corrisponderebbe alla parte occidentale del piccolo Mediterraneo. Gli scandagliamenti fatti dallo Spindler a bordo della nave *Sselanik* hanno dimostrato la esistenza di una seconda conca nella parte orientale, con profondità maggiori di 1300 metri e con quella massima di 1403 metri (40° 48′ lat. N.; 28° 51′ long. E.). La media profondità del Mar di Marmara è calcolata dallo Spindler in 289 metri.

Estremamente complicato è il rilievo del fondo del Mare Egeo. A settentrione della punta orientale dell'isola di Candia le profondità giungono sino a 2250 metri, in una conca diretta da oriente ad occidente e lunga 150 chilometri. Nella parte più settentrionale del bacino uno stretto solco,

---

(1) Woeikow, *Die Tiefseeforschungen im Schwarzen Meere im Jahre 1890* in *Geogr. Mitt.*, 1891, pag. 33 e seguenti.

profondo in parecchi luoghi più di 1000 metri, a partire dall'isola Skiatho (Sporadi Settentrionali) si sviluppa a nord-est, passando tra la penisola del Monte Athos e l'isola di Limnos, tra le due isole di Samothrake e di Imbros, e si perde nel Golfo di Saros. Al nord di Limnos fu scandagliata la profondità di 1244 metri.

Il Mare Adriatico è, per mezzo di una intumescenza sottomarina che si estende tra le due penisole del Gargano e di Sabbioncello, diviso in due bacini, l'uno settentrionale, l'altro meridionale. Il letto del bacino settentrionale pende gradatamente da N. O. a S. E.; è, nel Golfo di Trieste, profondo appena da 15 a 20 metri, e raggiunge la sua massima profondità (da 200 a 250 metri) immediatamente prima della intumescenza, e lungo una fossa che dal largo della foce del Pescara si estende a nord-est sino alla costa dalmatina presso Lissa. Nel bacino meridionale il fondo si abbassa rapidamente; la maggiore depressione, di 1590 metri, è quasi ad uguale distanza dalle coste, e precisamente nel luogo di latitudine N. 40° 10′ e di long. E. 18° 20′. Una seconda intumescenza, profonda 800 metri, che da Saseno (1) si estende verso Brindisi, divide le acque dell'Adriatico da quelle del Mare Siculo-Ionio, assai più profondo.

Il Mediterraneo americano ci presenta pure, a guisa dell'europeo, quattro principali bacini. Il

(1) Piccola isola alla entrata della baia albanese di Avlona.

primo è il *Golfo del Messico* (1.560.000 chil. quad.), di cui più della terza parte (540.800 chil. quad.) ha profondità minori di 200 metri, mentre nelle sue parti centrali discende sino a più di 3700 metri. È questa la cosidetta *Fossa Sigsbee*, compresa tra le latitudini nord di 23° e di 25° 30′ e le longitudini occidentali di 95° e 84° 30′. La massima larghezza (circa 225 chilometri) è ad occidente, tra i meridiani 95° e 92°; la minima (circa 50 chil.) è ad oriente, tra i meridiani 88° e 86°. Quivi appunto è la sua massima profondità, di 3875 metri (lat. N. = 25° 8′; long. O. = 87° 18′).

Il secondo ed il terzo bacino sono situati tra l'isola di Cuba e l'Honduras, e comunicano tra loro ad occidente, cioè al largo della baia di Honduras, mentre sono l'uno dall'altro separati per mezzo della piana dorsale su cui posano il banco *Misteriosa* ed i gruppi delle *Grandi* e delle *Piccole Cayman*. Il bacino settentrionale, dalla forma di un triangolo colla sua grande base a sud-est e col vertice nei dintorni del canale del Yucatan (colla profondità massima di circa 2190 metri), è detto *Fossa del Yucatan*, ed ha la profondità massima di 4709 metri. Il bacino meridionale si sviluppa nella direzione generale da oriente ad occidente, dal Canale del Vento (tra Cuba ed Haiti) alla Baia di Honduras. La sua profondità media è superiore a 5000 metri; e la parte più bassa, la così detta *Fossa Bartlett*, è profonda 6270 metri, precisamente a soli 37 chilometri dall'isola della Grande Cayman, cosicchè la pendenza del letto giunge colà a 9° 45′. Assai pro-

fondo (più di 5500 metri) è il mare compreso tra Santiago de Cuba e l'isola Giamaica.

Il quarto bacino è il *Mare Caribico*, a mezzogiorno delle isole Haiti e Portorico, e ad occidente delle Piccole Antille. La sua parte più bassa è a sud-est, nella *Fossa di Curaçao*, ove lo scandaglio accusa la profondità massima di 5207 metri. Relativamente poco profondi, come si vedrà più sotto, sono gli stretti di comunicazione del Mediterraneo coll'alto Atlantico.

Numerose sono, nel Mediterraneo Australasiatico, le profonde conche limitate da rive scoscese e comunicanti coll'Oceano aperto, ovvero le une colle altre mediante canali poco profondi. La maggiore di queste depressioni è il *Mare Cinese*, colla massima profondità di 4347 metri, poco lungi dalla costa occidentale dell'isola Luzon (Filippine). Anco più profondo (4663 metri tra le isole Negros e Mindanao) è il *Mare* di *Sulù*, il quale a sua volta è superato nella profondità dal *Mare di Celebes* (5111 metri nella sezione orientale), e più ancora dal *Mare di Banda,* tra Celebes, Timor e le isole Banda, il quale nella sua parte orientale è profondo ben 6505 metri (se non 7300). Il piccolo bacino tra le isole Timor, Sumba e Flores è profondo 3760 metri (1).

Dirimpetto alla costa nord di Timor la pro-

(1) Notiamo ancora la *conca Halmahera* (4709 m.); il *bacino di Flores* (5120 m.); il bacino al sud di Timor (3109 m.). Lo *stretto* o *canale di Makassar*, per contro, ha la profondità, relativamente piccola, di 1457 metri.

fondità del Mare di Banda è di 2725 metri a soli 5400 metri di distanza, donde una pendenza di 26° 46'. A 16 chilometri dalla piccola isola Gunong Api (al nord dell'isola Wetter) la profondità dello stesso Mare di Banda è di 4940 metri: la pendenza media che ne risulta è adunque di 17° 9'.

Procedendo nell'esame dei mari di ingressione ci si presenta dapprima il *Mare di Bering*, il quale, come si vede dalle tabelle a pag. 40, si compone di due parti, di cui la occidentale, per un'area di 1.530.000 chilometri quadrati, è propriamente un mare d'ingressione, e la orientale, con un'area di 740.000 chilometri quadrati, non ha che una media profondità di 80 metri, ed appartiene alla classe dei mari di transgressione.

Nella prima di queste parti la massima profondità, creduta per molto tempo di 3925 metri, è invece, secondo gli scandagli fatti da navi americane, di 5700 metri (lat. N. = 54° 51'; longitudine E. = 163° 46') (1).

La profondità media del Mare di Ochotsk è valutata dal Wagner in 1300 metri, dal Krümmel in 1260 metri. In generale non si hanno di questo mare che una serie di scandagli lungo le coste. Alcuni di questi, tra la piccola isola di S. Jona e l'isola Sachalin, dimostrano che la terza parte settentrionale non ha una profondità media maggiore di 80 braccia inglesi (146 metri). Per il

---

(1) *Geographisches Jahrbuch*, vol. XXII, pag. 32; *Petermann's Geogr. Mitteil.* 1897, pag. 272; 1899, pag. 183.

resto del bacino le carte mondiali del Berghaus danno una profondità maggiore di 1000 braccia (1828 metri) (1). Notiamo ancora che il Murray, contrariamente al Wagner, al Krümmel e al Karstens, riduce a 530 metri la profondità media di questo mare adiacente. Tuttavia, per quanto si può dedurre dalle misure dell'*Albatross* nel 1896, lungo le Curili si estende una *conca* di profondità quasi regolare: il luogo più profondo, a 3370 m., trovasi alla latitudine nord di 47° 50′ e alla longitudine orientale di 149° 42′.

Per il Mare del Giappone si ha una profondità massima di 3575 verso il luogo d'incontro del 42° parallelo boreale col meridiano 142° orientale, ed una profondità media valutata dal Krümmel in 1600 metri (2), dal Wagner e dal Karstens in 1100 metri, dal Murray in 950 metri. Che la profondità media di questo bacino oceanico debba essere considerabile, si deduce da che anche nelle vicinanze delle coste giapponesi, ad esempio tra l'isola Sado e quella di Nipon (lat. 38° 13′ nord; long. 138° 37′ est), lo scandaglio non toccò il fondo a 225 braccia (411 metri). Anche verso la foce dell'Amur si nota la profondità di 275 metri.

Il *Golfo Arabico* o *Mar Rosso* è come una grande e profonda conca nella massa continentale arabo-africana. Malgrado parecchie irregolarità il fondo

---

(1) Krümmel, *Versuch einer vergleichenden Morphologie der Meeresräume*, pag. 98.

(2) 1200 m. nel lavoro *Versuch* ecc., pag. 98; 1600 m. nel testo illustrativo dell'Atlante dell'Andree, pag. 28.

discende simmetricamente, e le due coste occidentale ed orientale si incontrano nella linea di massima profondità, la quale, dalla estremità settentrionale alla meridionale, corrisponde quasi matematicamente all'asse, che, seguitando le sinuosità costiere, si estende dal Ras Mohamed (penisola del Sinai) allo stretto di Bab-el-Mandeb, ed il cui punto di mezzo è anche quello della massima profondità. È notabile il fatto, che la intumescenza che separa il Mar Rosso dall'Oceano Indiano non è nello Stretto di Bab-el-Mandeb, ma sibbene a circa 60 chilometri più al nord.

Rispetto ai rilievi del fondo il Mar Rosso si divide in due parti ben distinte, l'una settentrionale, l'altra meridionale; la linea di separazione è approssimativamente segnata dal parallelo della città di Suakim. Le due pareti della parte settentrionale hanno in generale una ripida pendenza; le isobate si premono le une alle altre vicine lungo le coste; dal che ne consegue che nelle parti più interne è una conca profonda a base molto larga. La costa è accompagnata da bassifondi e da scogli per la massima parte di origine corallina, più numerosi e più estesi lungo il lato orientale che non ad occidente. Nella parte meridionale la pendenza del fondo è molto meno accentuata; le isobate, anzichè lateralmente, si affollano verso il mezzo del bacino, ove è un solco stretto e profondamente incassato, il quale nella sua estensione da occidente ad oriente occupa appena la quinta parte di tutta la larghezza del golfo. Tra questo solco e le due coste si estende

un altipiano profondo non più di 30 metri, il quale sporge dal mare con numerose isole e scogli, ed è separato dall'una e dall'altra costa per mezzo di un canale abbastanza profondo. L'avvallamento limitato dalla linea isobata di 800 metri può essere considerato come confondentesi col letto interno e profondo del Mar Rosso. In esso è una serie di parecchi bacini profondi 1000 metri. Due, nella parte settentrionale, sono separati da una stretta dorsale verso la latitudine di 25° 20': tre, nella parte meridionale, sono assai meno estesi dei precedenti. Anche la profondità di 1200 metri è rappresentata da un bacino di notabile grandezza, dalla latitudine di 25° 17' a quella di 21°. Bacini di grandi dimensioni e più profondi non si trovano nel Mar Rosso: per contro non poche cavità vi sono di profondità assai maggiore. Tra esse primeggia quella che, sotto la latitudine nord di 20° 5' e la longitudine orientale di 38° 30', è profonda 2271 metri.

La media profondità del Golfo Arabico è data dal Krümmel in 444, dal Weber in 461 metri (1).

Notabile è in fine la differenza che, sotto l'aspetto batimetrico, è tra il Golfo di Suez e quello di Akabah. Nel primo è soltanto un solco

---

(1) Weber, *Die Tiefenverhältnisse des Arabischen Meerbusens* in *Geographische Mitteilungen*, 1888, pag. 267-270; Krümmel, *Versuch einer vergleichenden Morphologie der Meeresräume*, nella tav. XXI. Il Karstens si attiene alla cifra di 461 metri, cui era stato condotto il Weber. V. *Geographisches Jahrbuch*, vol. XVIII, pag. 183.

di profondità non maggiore di 50 metri; il secondo invece è unito coll'alto mare per mezzo della linea di 200 m. e presenta nel suo mezzo un avvallamento a forma di truogolo, profondo più di 300 metri.

Dei mari di transgressione, tre soli, cioè la Baia di Hudson, il Golfo del San Lorenzo e il Mar Cinese orientale, hanno profondità medie maggiori di 100 metri, cioè metri 128 per i due primi bacini, 136 per il terzo (secondo il Karstens). Si noti tuttavia, che la piccola profondità media del Mar Cinese orientale, che il Murray porta a 190 metri, deriva specialmente dalla piccolissima profondità del Hoang-hai (Mar Giallo) e da quella, anco minore, del Golfo di Pescilì. La massima profondità (1100 metri?) corrisponde alla parte sud-est del Tung-hai (Mare orientale), fiancheggiante, verso nord-ovest, la catena delle isole Riu-Kiu.

La Baia di Hudson pare caratterizzata, in tutta la sua estensione, da piccole profondità. La massima non supererebbe di fatti la media che di 70 metri circa. Tuttavia regna ancora, sulle condizioni morfologiche del letto di quel grande bacino, una grande incertezza: il Murray, calcolando a 1150 metri la profondità del bacino artico (inclusa la Baia di Hudson), attribuisce implicitamente a quest'ultima una profondità media assai maggiore di quella generalmente accolta (1).

---

(1) V. anche Suess, *Das Antlitz der Erde*, II, pag. 43.

Diverse sono le condizioni del Golfo del San Lorenzo, nelle cui parti centrali fu scandagliata la profondità massima di 570 metri (1).

Il letto del *Mare del Nord* è parte del grande banco sul quale giacciono le Isole Britanniche. La sua profondità aumenta abbastanza regolarmente da mezzogiorno a settentrione. Lungo le coste meridionali ed orientali la profondità, sino alla distanza di molti chilometri, non è superiore a 40 metri, e tutta la parte sud-est del Mare del Nord non è in nessun luogo più profonda di 60 metri. Alquanto più profonda è la parte settentrionale, divisa dalla precedente mediante la linea che dal limite nord del Doggerbank si estende sino alla parte centrale dello Skager Rak, tra il capo Skagen e la costa norvegese. Anch'essa discende gradatamente col suo fondo senza però toccare in nessun punto una profondità di 200 metri, fatta astrazione dal cosidetto Canale Norvegese (Norwegische Rinne), il quale, limitato verso l'alto mare dalla isobata di 200 metri, è, dirimpetto al Bukke Fiord, profondo 687 metri, e presenta la sua massima profondità (808 metri) nello Skager Rak, a sud-est di Arendal.

Il Doggerbank è un altipiano sottomarino, la cui estensione in lunghezza equivale a circa la

---

(1) Il Krümmel, nel lavoro da lui dettato per il testo illustrativo dell'Atlante di R. Andree, dà al Golfo del San Lorenzo la profondità media di 290 metri; così pure nel *Versuch einer vergleichenden Morphologie der Meeresräume*, pag. 97.

metà della larghezza del Mare del Nord: nei dintorni della costa inglese la sua profondità è appena da 15 a 17 metri, ma verso oriente si abbassa sino a 40 metri.

È noto che il *Mar Baltico* è dalle isole Åland diviso in due parti, di cui la settentrionale, sino alla imboccatura del Torneå, è detta *Golfo di Botnia*. Quest'ultimo è a sua volta diviso in due sezioni per mezzo delle piccole isole dette *Quarken*. La sezione settentrionale è un bacino poco profondo, al massimo 130 metri, in un luogo della sua parte occidentale. Specialmente ad oriente il suo fondo non si abbassa, per grandissimo tratto dalla costa, al disotto di 20 metri (1), profondità che pare essere quella stessa della dorsale che sopporta le Quarken. La sezione meridionale si abbassa sino a 300 metri verso la estremità occidentale dell'altipiano sul quale posano le Åland: in questo luogo, designato alcuna volta col nome di Mare delle Åland, il Golfo di Botnia si unisce col Baltico propriamente detto (il vero *Ostsee* dei Tedeschi). Anche dirimpetto alla imboccatura dell'Angerman è una piccola fossa della massima profondità di 280 metri. Il Baltico propriamente detto è diviso, nel suo mezzo e secondo la lunghezza, da una dorsale, che dalla piccola isola Gotska Sandö passa per l'isola Gotland, per l'Hoborg-Bank e si unisce, dopo una breve interruzione, col Mittelbank. Essa pare continuata dal-

(1) V. Sydow-Wagner's, *Methodischer Schul-Atlas*, tav. 31.

l'isola Bornholm e dal vicino Rönnebank. E così risultano due parti del Baltico, cioè il Baltico *tedesco* (orientale, sud-est e meridionale) e il Baltico *svedese* (occidentale e sud-ovest). Le maggiori profondità si trovano: nella parte tedesca, ad oriente di Gotland, ove una fossa, allungata da sud-ovest a nord-est, e tagliata dal meridiano 20° orientale, è profonda 261 metri; nella parte svedese, a nord-ovest di Gotska Sandö, ove è una seconda fossa della profondità di 460 metri (massima delle profondità del Baltico).

La profondità del *Mare dei Belt*, come il Krümmel chiama la parte del Baltico dallo Skager Rack sino al Darsser Ort (promontorio della Pomerania a sud-est dell'isola Laaland), ed al quale appartengono i golfi di Lubecca e di Kiel, il Piccolo Belt, il Gran Belt, il Sund e il Kattegat, non è in nessun punto superiore a 30 metri (1).

La profondità media del Mare Baltico è valutata a 70 metri.

Di poco minore (65 metri secondo il Wagner, 62 metri secondo il Karstens) è quella del Mare adiacente Britannico. Il fondo del Mare d'Irlanda e delle parti vicine è coperto di materiali che in parte sono tolti direttamente alla costa dalla forza attiva della marea, in parte vi sono trasportati dai fiumi dell'Inghilterra, della Scozia e dell'Irlanda, e, malgrado il carattere oscillatorio della corrente di marea, sono da questa gettate

(1) Berghaus, *Physikalischer Atlas*, tav. 23; Suess, *Das Antlitz der Erde*, II, pag. 501 e seg.

a poco a poco nelle parti più profonde, e più lungi, nell'Oceano aperto. Tanto la Manica quanto il Mare d'Irlanda dimostrano, colla configurazione del letto, quanto grande sia l'azione delle maree sui fondi dei mari, quando questi sono di poca profondità. E nell' uno e nell' altro bacino esse diedero origine a cavità ed a solchi, il cui asse maggiore corrisponde colla sua direzione all'andamento generale dell'onda di marea. La più importante di queste fosse è il così detto *Solco del Canale del Nord*, colla sua parte centrale tra Belfast (Irlanda) e Port Patrick (Scozia), lungo 30 chilometri, largo un chilometro e mezzo, la cui profondità supera in alcuni luoghi di 100 braccia (182 metri) quella del mare adiacente (1).

Mentre il Mar Rosso ha una profondità media di 460 metri e tocca in alcuni punti più di 2200 metri, il *Golfo Persico*, che insieme con esso chiude la penisola arabica, è fra tutti i bacini marittimi di transgressione il meno profondo, imperocchè non ha che una profondità media di 35 metri, e la sua profondità massima non è probabilmente superiore a metri 90. I grandi fiumi Eufrate e Tigri molto concorsero al riempimento della sua parte settentrionale: nei tempi storici le alluvioni trasportate dai due fiumi fecero perdere al golfo Persico un distretto della lunghezza di circa 65 chilometri.

Notiamo infine, tra i mari di transgressione, il

---

(1) V. *Nature*, 1874, pag. 316; WAGNER, *Atlante citato*, tav. 30 e, più sopra, pag. 57.

Mare Australiano Settentrionale (Golfo di Carpentaria e Mare di Arafura: profondità media 70 metri), il Mare basso della Malesia (Mare di Giava, Mare di Bòrneo, Golfo di Siam: profondità media 60 metri) e la parte orientale del Mare di Bering (profondità media 80 metri).

Le grandi profondità recentemente misurate nel bacino del Pacifico non modificano essenzialmente il fatto, che le massime profondità marine non differiscono gran che dalle massime altitudini positive, tanto più che, molto probabilmente, nella sezione dell' Himalaia cui appartiene il Gaurisankar (8840 m.) altre cime vi sono che lo superano nell'altezza. Per lo contrario, la profondità media dell'Oceano è di gran lunga maggiore dell'altitudine media delle terre emerse, quale risulta dai calcoli più recenti ed accreditati (1).

Se si immagina una parte M della superficie dell'Oceano divisa in molte piccole parti s_1, s_2, s_3..... s_n, cosichè si possano considerare come uguali tra loro le profondità corrispondenti a ciascuna parte, si avrà, indicando con $p_1, p_2, p_3 ..... p_n$

---

(1) Diamo qui in metri le altitudini medie, secondo diversi autori:

De Lapparent	metri 646
Murray	„ 686
Penck (1889)	„ 705
Supan	„ 680
V. Tillo	„ 683
Heiderich	„ 744
Penck (1893)	„ 735

queste medie profondità; e con P la profondità media di M,

$$P = \frac{p_1 s_1 + p_2 s_2 + p_3 s_3 + \ldots. p_n s_n}{s_1 + s_2 + s_3 + \ldots. s_n}$$

Per un'altra parte M_1 si troverà la profondità media P_1, per la parte M_2 la profondità media P_2, ecc., e queste medie profondità, convenientemente combinate, condurranno alla conoscenza della profondità media di un mare più esteso, ed in fine, quando siano in numero sufficiente i risultati delle operazioni di scandaglio, si potrà calcolare la profondità media dell'intero Oceano.

Fu questo il metodo applicato da Oscarre Peschel alla determinazione della profondità media dell'Atlantico Settentrionale, e in base alla carta batimetrica di questo bacino oceanico pubblicata dal Maury nella sua *Geografia fisica del mare* (1). I calcoli del Peschel lo condussero alla cifra di 2075 braccia inglesi, pari a 3975 metri (2).

Nel 1877 Augusto Petermann pubblicava nelle *Geographische Mitteilungen* da lui dirette una eccellente carta batimetrica del Grande Oceano (3).

---

(1) È questa la tavola XI della edizione italiana del libro del Maury, per cura del capitano Luigi Gatta, Torino, Loescher.

(2) *Das Ausland*, 1868, pag. 939.

(3) Tav. 8ª delle *Geographische Mitteilungen* (anno 1877) dal titolo " *Tiefenkarte des Grossen Oceans* ".

Di questa carta si valse il Dottore Alessandro Supan per calcolare la profondità media di quel bacino oceanico, determinando prima, per ogni quadrangolo di 10° di latitudine e 10° di longitudine, le profondità medie respettive, in parte dedotte dalle profondità accennate nella carta, in parte calcolate col metodo della interpolazione. A 738 sommavano le misure dirette, a 66 soltanto i numeri ottenuti colla interpolazione. Per questo modo il Supan calcolò le profondità medie relative a 83 quadrangoli, dei 151 compresi nella superficie del Pacifico: mancavano le misurazioni dirette per gli altri 68, corrispondenti allo spazio compreso tra il parallelo Nord di 20° e quello australe di 30°, e tra i meridiani occidentali di 70 e 140 gradi. Per buona sorte, dice il Supan, per queste regioni passarono per l'appunto le onde di terremoto dell'agosto 1868 e del maggio 1877, e si trattava unicamente di riconoscere, se le medie profondità calcolate dal Dr Hochstetter e dal Dr Geinitz fossero, o non, prossime al vero.

La prova non potè essere fatta che nella zona compresa tra i paralleli boreali di 30 e 40 gradi. In questa zona si avevano 121 misurazioni distribuite quasi uniformemente: inoltre la media profondità del quadrangolo compreso tra i meridiani occidentali 140° e 150° risultava, in base alle curve isobate della carta, di 2500 braccia inglesi (3657 metri). Il calcolo della profondità media di tutta la striscia condusse il Supan alla cifra di 2231,5 braccia (m. 4080,9). Ora, dalla propagazione dell'onda nel terremoto del 23 di-

cembre 1854 (terremoto di Simoda) si traggono le seguenti profondità medie:

tra Simoda e San Francisco . .	2365	braccia
tra Simoda e San Diego . . .	2100	"
donde la media	2232,5	"

L'accordo quasi perfetto dei due risultati veniva così a parlare in favore tanto del metodo di calcolo usato dal Supan, quanto dei dati numerici calcolati in base alla propagazione delle onde di terremoto.

Il Supan notò eziandio, nel suo breve articolo (1), che ciascuna onda aveva attraversato 5 dei 28 quadrangoli per i quali possono essere utilizzati i valori calcolati dall'Hochstetter e dal Geinitz. Questa circostanza è di molto vantaggio. Supponiamo, che un'onda attraversi 5 quadrangoli, di due dei quali siano conosciute le medie profondità p e p^1. Chiamando A la profondità media di tutto lo spazio oceanico percorso dall'onda, la media profondità P di ciascuno dei 3 altri quadrangoli sarà data dalla equazione

$$A = \frac{p + p^1 + 3P}{5}$$

dalla quale si ha

$$P = \frac{5A - (p + p^1)}{3}.$$

(1) *Die mittlere Tiefe des Grossen Oceans*, in *Geogr. Mitt.*, 1878, pag. 213-215.

Siccome quasi tutti i 28 quadrangoli erano stati attraversati da parecchie onde, così per quasi tutti il Supan ottenne un numero eguale di profondità medie, ma pochissimo differenti l'una dall'altra, dimodochè la loro media aritmetica potè essere accettata come rappresentante la media profondità del quadrangolo corrispondente.

Si è operando nel modo indicato, che il Supan ottenne la media profondità di braccia 1842 (m. 3370) per lo spazio oceanico compreso tra la latitudine N. di 54° e la latitudine S. di 50°, tra il meridiano orientale di 120° e il 70° meridiano occidentale.

Il metodo del Peschel venne poi applicato dal Krümmel a tutta la massa oceanica, ma non senza importanti modificazioni accompagnate da speculazioni morfologiche non tutte forse egualmente accettabili. Malgrado ciò, il lavoro da lui pubblicato nell'anno 1879 segna un punto importante nella storia della Oceanografia, sia per la sua ampiezza, sia per la cognizione perfetta che l'A. vi dimostra di tutti i materiali dei quali si poteva allora disporre, sia infine perchè con esso incomincia, per parte di altri geografi e matematici, tutta una serie di lavori estremamente interessanti per la conoscenza dei rilievi del fondo oceanico.

I risultamenti ottenuti dal Krümmel e da lui consegnati nella pagina 99 del suo prezioso lavoro (1) sono i seguenti:

(1) *Versuch einer vergleichenden Morphologie der Meeresräume.* Lipsia, 1879.

	Aree in ch. q.	Medie prof. in m.
Oceano Atlantico . . .	76.951.740	3681
Oceano Indiano . . .	73.880.373	3344
Oceano Pacifico . . .	158.201.490	3887
OCEANI APERTI . . .	308.953.603	3785
Mar glaciale antartico .	20.648.600	3300
Mar glaciale artico . .	13.578.690	1545
Mediterr. Australasiatico	7.857.585	891
Mediterr. Americano .	4.554.138	1832
Mediterraneo Romano .	2.885.522	1339
Mar Baltico.	415.480	67
Mar Rosso	449.010	444
Golfo Persico	236.835	37
MARI MEDITERRANEI .	29.997.260	1349
Mare del Nord . . .	547.623	89
Mare adiacente Britann.	203.690	86
Golfo del San Lorenzo .	262.900	290
Mare del Giappone . .	996.250	2200
Mare Cinese orientale .	1.228.440	121
Mare di Ochotsk . . .	1.438.740	1260
Mare di Bering . . .	2.249.000	1000
MARI ADIACENTI. . .	6.926.643	944
INTERO OCEANO . . .	366.506.106	3438

Alcune notabili varianti furono, alcuni anni dopo, introdotte nel quadro precedente dallo stesso Krümmel, le une riferentisi alle aree di alcuni bacini oceanici, gli altri alle profondità. Inoltre considerò a parte la Baia di Hudson assegnandole una media profondità di 375 metri, e ridusse a 1000 metri quella del Mar glaciale artico e a 1100 m. quella del Mar glaciale antartico (con un' area di 14.490.000 chilometri

quadrati). Per ultimo aggiunse ai mari adiacenti del gruppo del Pacifico il Golfo di California con una profondità media di 1120 metri. E così egli ottenne i seguenti dati:

	Aree in ch. q.	Prof. medie in m.
Oceani aperti	313.300.000	3700
Mediterranei	32.110.000	1100
Mari adiacenti	8.080.000	1085
Mar glaciale antartico .	14.490.000	1100
Area totale	367.980.000	3320

Questa media profondità di 3320 metri è la più piccola di tutte quelle sin qui calcolate, sia col metodo dei piani quotati, sia col metodo planimetrico o con quello dei profili. La massima è quella calcolata, in 4260, dal De Lapparent (anno 1883). Potrebbesi adunque affermare che la profondità media dell'Oceano è compresa tra 3320 e 4260 metri (1). Ma altre diligenti valu-

(1) Non è il caso di tener conto delle profondità medie calcolate quando non si poteva ancora disporre di un numero sufficiente di scandagliamenti. Il Riccioli nel suo *Almagestum novum* dà all'Oceano una profondità da 500 a 1000 passi (400-800 m.?). Tommaso Young (anno 1807) dallo studio delle modificazioni cui il fenomeno delle maree va soggetto per causa delle diverse profondità marine dedusse una profondità media di 4800 metri. Dalle maree che si manifestano lungo la costa irlandese l'Haughton dedusse la profondità media di 8520, ed il Whewell quella di 5500 metri. E. Schmidt calcolava la profondità media non superiore a $^1/_4$ di un miglio tedesco (ch. 7,42) cioè a 1855 metri. Nell'anno 1843 Alessandro di Humboldt affermava, come profondità massima sino allora conosciuta, e misurata dal capitano Bérard, quella di 2600 metri (*Central-Asien*, I, pag. 132).

tazioni ci permettono di avvicinare molto più i limiti estremi, entro i quali si aggira la profondità media dell' Oceano. Raduniamo primieramente, in ordine decrescente, i risultati di queste valutazioni.

De Lapparent (1883) (1) . . .	metri	4260
Murray (1888) (2)	"	3800
V. Tillo (1889) (3)	"	3800
Penck (1889) (4)	"	3650
Supan (1889) (4)	"	3650
Karstens (1894) (5)	"	3496
Heiderich (1891) (6)	"	3438
Krümmel (1879)	"	3438
Krümmel (1886)	"	3320

La media aritmetica, 3650 metri, potrebbe essere accettata come esprimente la profondità media dell'Oceano, se gli autori si fossero attenuti tutti allo stesso metodo, e le profondità ottenute si riferissero tutte alla medesima area oceanica. Ma nè l'una nè l'altra condizione non sono soddisfatte. Il metodo planimetrico è adot-

(1) *Traité de Géologie.*

(2) *On the Height of the Land and the Dept of the Ocean.*

(3) *Untersuchung über die mittlere Höhe der Kontinente und die mittlere Tiefe der Meere in verschiedenen Breitenzonen*, in *Pet. Mitt.*, 1899, pag. 48.

(4) *Die mittlere Höhe des Landes und die mittlere Tiefe des Meeres*, in *Pet. Mitt.*, 1899, pag. 17-19.

(5) *Eine neue Berechnung der mittleren Tiefe der Ozeane nebst einer vergleichenden Kritik der verschiedenen Berechnungsmethoden*, Kiel, 1894.

(6) *Die mittleren Erhebungsverhältnisse der Erdoberfläche.*

tato dal De Lapparent, dal Murray, dal Tillo, dal Supan, dal Penck; il metodo dei profili lo è dall'Heiderich; quello dei piani quotati dal Krümmel e dal Karstens. Inoltre, intendono di tutta la massa oceanica il Lapparent, il Karstens, il Krümmel, il Murray e il Tillo, mentre il Penck ed il Supan escludono affatto il Mar glaciale antartico (a mezzogiorno del circolo polare), e l'Heiderich si limita alle zone dal parallelo 80° nord al 70° sud. I risultamenti ottenuti non si possono adunque gli uni cogli altri paragonare.

Quanto alle singole cifre, è da escludersi decisivamente quella di 4260 metri calcolata dal De Lapparent (1) nel 1883: indirettamente vi si oppongono tutte le altre molto inferiori, di cui nel quadro precedente. Lo stesso dicasi della profondità media di 3800 metri calcolata dal Murray, — alla quale si attiene pure il Tillo — per le ragioni addotte dal Supan e dal Penck nell'articolo sopracitato (2).

Rimangono così in presenza i due gruppi Penck-Supan-Karstens dall'un lato, e Heiderich-Krümmel dall'altro.

Al volume della massa oceanica dall'80° nord al 70° sud, calcolato dall'Heiderich in 1221,6 milioni di chilometri cubici, si aggiungono 0,47 mi-

---

(1) La profondità di 4260 metri è data dal De Lapparent nella prima edizione del suo *Traité de Géologie* (anno 1883). Ma nella edizione terza, pubblicata dieci anni dopo, egli la riduce a 4000 metri. V. pag. 58.

(2) *Geogr. Mitteilungen*, 1889, pag. 17-19.

lioni per il mare sconosciuto nella calotta artica (2.900.000 chilometri quadrati con una profondità di 300 metri) (1) e 6,7 milioni di chil. cubici per il mare al sud del parallelo 70° (6.700.000 chil. q. con una profondità media di 1000 metri): si otterrà così il volume totale di 1229 milioni di chilometri cubici ed una profondità media di 3354 metri. Il risultato dell' Heiderich molto si avvicinerebbe adunque a quello ottenuto dal Krümmel nel 1886. Ma siccome il metodo già applicato da questo autore, e da lui raccomandato, venne poi ripreso dal Karstens che si valse di tutte le nuove misurazioni di profondità, giungendo così alla profondità media di 3496 metri, così la cifra ottenuta dall'Heiderich deve essere considerata ancora come troppo bassa (2).

Nell'articolo critico intorno al lavoro del Murray l' illustre Alberto Penck dà la profondità media di 3650 metri ad un'area oceanica di 343.890.000 chilometri quadrati, mentre nella sua *Morphologie der Erdoberfläche* la rapporta a tutta la superficie dell'Oceano dal polo nord sino al circolo polare antartico, cioè ad un' area di 353.300.000 chilometri quadrati. A quest'area si aggiungono 12.300.000 chilometri quadrati per la parte liquida della zona polare antartica

(1) Il Wagner, al quale togliamo queste parole, opina che la parte marittima della calotta polare artica sia di 2.908.000 chil. q., e quella della calotta antartica di 6.700.000 chil. q.

(2) WAGNER, *Areal und mittlere Erhebung der Landflächen* nel volume 2° dei *Beiträge zur Geophysik*, pag. 748.

(21.300.000—9.000.000 secondo il Murray), alla quale l'autore inglese assegna una profondità media di 1150 metri, che il Penck accetta (1). Il volume delle acque oceaniche, per la superficie di 353.300.000 ch. q., risulta di 1289,545 milioni di chilometri cubici, e quello relativo alla superficie di 12.300.000 ch. q. è di 14.145.000 ch. cubici. Il volume totale, di 1303,690 milioni di ch. cubici, ripartito sopra una superficie di 365.600.000 ch. q. (= 353.300.000 + 12.300.000) conduce ad una profondità media di metri 3565, inferiore di 85 metri a quella calcolata dal Penck e dal Supan.

Viene per ultimo il lavoro del Karstens, il quale per la bontà del metodo, oramai riconosciuta superiore a quella del metodo planimetrico e del metodo dei profili, e per la somma cura e diligenza usata dall'Autore, merita tutta la nostra fiducia, malgrado le inevitabili ipotesi rese necessarie dalla poca conoscenza che ancora si ha di parecchi bacini oceanici. La cifra finale, in 3496 metri, risulta dal quadro seguente, nel quale sono i nuovi dati, quali furono calcolati dal Karstens.

	Aree in ch. q.	Prof. medie in m.	Volumi in ch. cubici
Oceano Pacifico . . .	161.137.973	4083	657.926.344
Oceano Indiano . . .	72.563.443	3654	265.146.821
Oceano Atlantico . .	79.776.346	3763	300.198.390
OCEANI APERTI . . .	313.477.762	3902	1.223.271.555

(1) Penck, *Morphologie der Erdoberfläche*, pag. 142.

	Aree in ch. q.	Prof. medie in m.	Volumi in ch. cubici
Mar glaciale artico .	12.795.850	818	10.467.005
Mediterraneo Austral-asiatico	8.081.780	976	7.887.817
Mediterran. Americano	4.584.567	2090	9.581.745
Mediterraneo Romano	2.963.035	1435	4.251.955
Baia di Hudson . . .	1.222.609	128	156.494
Mar Baltico	430.970	67	28.875
Mar Rosso	448.810	461	206.901
Golfo Persico (1) . .	236.785	35	8.286
MEDITERRANEI . . .	30.764.406	1059	32.589.078
Mare del Nord . . .	547.623	89	48.738
Mare adiacente Britannico	213.381	62	13.229
Golfo del S. Lorenzo .	219.298	128	28.070
Mare delle Andamane	790.550	794	627.697
Mar Cinese orientale .	1.242.480	136	168.977
Mare del Giappone . .	1.043.824	1100	1.148.206
Mare di Ochotsk . .	1.507.609	1271	1.916.171
Mare di Bering . . .	2.264.664	1110	2.513.777
Golfo di California . .	166.788	987	168.197
MARI ADIACENTI . .	7.996.217	829	6.633.062
Atlantico coi mari dipendenti	102.753.679	3161	324.774.501
Pacifico coi mari dipendenti	175.445.118	3829	671.729.489
Oceano Ind. coi mari dipendenti	74.039.588	3593	265.989.705
Mar glaciale antart. (2)	15.630.000	1500	23.445.000
L'INTERO OCEANO (3)	367.868.385	3496	1.285.938.695

(1) Secondo il dottore Siegfried Genthe, la profondità media del Golfo Persico sarebbe di soli 25 metri. V. *Geographisches Jahrbuch*, vol. XXII, pag. 29.

(2) Veggasi, a pag. 6, la ipotesi del Karstens intorno alla distribuzione delle acque nelle due calotte polari.

(3) L'area, quale risulta da questo quadro, è inferiore di soli 147.625 chil. q. a quella di cui a pag. 24.

Tenuto calcolo della incertezza in cui si è ancora intorno ad alcuni distretti oceanici, il Karstens ammette la profondità massima di 3632 (= 3496 + 136) ed un minimo di 3360 metri (= 3496 — 136). Ermanno Wagner propende ad una profondità di 3500 ± 150. E così, dice il geografo di Göttingen, la cifra di 3650 metri, adottata dal Penck e dal Supan, entra nella serie dei valori massimi.

Ammettendo che la profondità media sia, in numeri rotondi, di 3500 metri, e che l'area della idrosfera sia di 365.500.000 chilometri quadrati, il volume del così detto *mucchio* od *ammasso liquido* (Wasserblock dei geografi tedeschi) risulta di 1279,25 milioni di chilometri cubici. Egualmente, dando all'altitudine media delle terre il valore di 700 metri (V. la nota a pag. 102), il volume della parte *emersa* della litosfera viene ad essere di 101,15 milioni di chilometri cubici. Aggiungendo a questo volume quello della parte sommersa della litosfera sino alla profondità di 3500 metri, si ha il volume del cosidetto *mucchio* od *ammasso terrestre* (Landblock) in 606,9 milioni di chilometri cubici (101,15 milioni + 144.500.000 chil. q. × ch. 3,5).

Chiamasi *livello medio della solida corteccia terrestre* il livello al quale si disporrebbe l'ammasso terrestre, se lo si supponesse distribuito uniformemente sulla superficie totale della Terra (510 milioni di chil. q.) In questa ipotesi, lo spessore della corteccia equivalente in volume a quell'ammasso sarebbe di chil. 1,19 (= chilo-

metri cub. 606.900.000 : ch. q. 510.000.000) e siccome la sua base inferiore, per così esprimermi, sarebbe lo stesso fondo medio del mare (— 3500m.), ne risulta per la superficie esterna l' altitudine negativa di 2310 metri (= 3500 — 1190) rispetto al livello attuale dell'Oceano. Non tenendo conto della idrosfera, il raggio medio della sfera solida terrestre non è adunque di chil. 6370,3, sì soltanto di chilometri 6367,99 (= 6370,3 — 2,31). Se, per ultimo, si suppone tutto l'Oceano mondiale (volume = 1279,25 chil. cubici) esteso uniformemente sulla superficie di questa sfera (chilometri quadrati = 509.325.000) si ottiene per la profondità media la cifra 2511 metri; dal che si deduce, che in tale ipotesi il livello dell'Oceano supererebbe il livello attuale di 201 m. (2511-2310), o, in numeri rotondi, di 200 metri.

Il livello a 200 metri al disopra della superficie matematica del corpo terrestre, superficie che forma la base dell'atmosfera, chiamasi *livello della superficie fisica della terra.* La cifra di 200 metri è naturalmente quella stessa che si ottiene supponendo tutte le terre emerse distribuite uniformemente sulla superficie di 510 milioni di chilometri quadrati (1).

Chiamasi *ammasso continentale* (Continentalblock dei Tedeschi, nome primieramente impie-

---

(1) Esattamente metri 198,3 (= ch. cub. 101.150.000 : ch. q. 510.000.000).

gato da Alberto Penck) (1), l'insieme delle intumescenze positive rispetto al livello medio della corteccia terrestre. Nell'ammasso continentale si distinguono, dall'alto al basso, le seguenti parti:

1° La *zona* o il *distretto di culminazione*, da 8840 metri (cima del Gaurisankar) a 1000 metri di altitudine positiva.

2° Il *tavoliere continentale*, da 1000 m. di altitudine positiva a 200 metri di altitudine negativa (limite inferiore del mare basso).

3° La *scarpa continentale*, o altrimenti il *pendio continentale*, da — 200 m. a — 2310 m. (livello medio della corteccia terrestre).

Per contrapposto all'ammasso continentale si considerano le *regioni abissali* o *del mare profondo*. Vi si distinguono il *tavoliere del mare profondo* (da — 2310 a — 5000 metri) e il *distretto delle depressioni* (da — 5000 in più).

Ecco, secondo Ermanno Wagner, le aree di

---

(1) Nella sua *Morphologie der Erdoberfläche*, a pag. 106, il Penck così si esprime: " Quantunque scomposte in numerose isole, le parti solide si presentano tuttavia come collegate le une colle altre, per la qual cosa si può parlare di un grande ammasso continentale tre volte appuntato verso mezzogiorno ". A pag. 134, dopo avere notato che i contorni dell'ammasso continentale e delle grandi superficie oceaniche corrispondono, a grandi tratti, alle parti alte ed alle parti basse della crosta terrestre, dice che la linea del medio livello di questa ultima (secondo lui a — 2435 metri) circonda quasi tutte le più grandi masse di terra in modo continuo, e le divide dal letto molto più profondo dell'Oceano.

questi cinque gradini di sollevamento della scorza terrestre, e le loro altitudini medie (1).

	Aree p. %	Aree in ch. q.	Altit. in metri
Distretto di culminazione	6	31.000.000	+ 2200
Tavoliere continentale	28,3	144.000.000	+ 250
Scarpa continentale	9	46.000.000	— 1300
Tavoliere del mare profondo	53,7	274.000.000	— 4100
Distretto di depressione	3	15.000.000	— 6000?
Totali	100	510.000.000	— 2300

Da questo quadro si ricava che più dei $\frac{4}{5}$ (precisamente l'82 per cento) della superficie terrestre toccano ai due tavolieri, la cui differenza, in altezza, è, allo incirca, di 4000 metri.

La ripartizione delle zone di altitudine tanto positiva quanto negativa si rappresenta graficamente mediante la *curva ipsometrica* ideata primieramente dal De Lapparent nell'anno 1883. Ecco come si procede per descrivere questa curva. In un sistema di coordinate ortogonali si portino successivamente, sull'asse delle ascisse, a partire dalla origine, tanti segmenti che corrispondano alle aree delle singole gradazioni della crosta terrestre, e sull'asse delle ordinate le altezze corrispondenti. Si otterranno così altrettanti punti, il cui luogo geometrico è la curva ipso-

(1) WAGNER, *Areal und mittlere Erhebung der Landflächen* nel 2° volume dei *Beiträge zur Physik*, pag. 771. Si noti che il Wagner, attenendosi ai numeri in cifre rotonde, dà alla corteccia solida terrestre il livello — 2300 in luogo di — 2310.

grafica. Se nella scala scelta per la costruzione di questa linea, un millimetro rappresenta sull'asse delle ascisse una superficie equivalente alla 100ª parte di 510 milioni chilometri quadrati, e, sull'asse delle ordinate, corrisponde all'altezza (o alla profondità) di 100 metri, un millim. quadr. rappresenterà un volume di 510 mila chil. cubici (= 5.100.000 chil. quadrati × 0,1 chil.).

Una curva ipsografica debbe soddisfare a queste due condizioni:

1° La superficie del profilo della parte dell'ammasso continentale situata al disopra del livello del mare deve corrispondere al volume delle terre emergenti (101,15 milioni di chil. cubici).

2° L'area del profilo dell'ammasso continentale superiormente al livello medio della crosta terrestre deve essere uguale all'area del profilo della regione profonda marittima (al disotto di quel livello).

Nella figura 1 è rappresentata la curva ipsografica *cdbef*. L'ammasso continentale è dato dalla superficie *acdb*, nella quale la base *ab* — lunga millimetri 28,5 — rappresenta l'area di 221.000.000 chilometri quadrati (1). E siccome supponendo l'ammasso distribuito uniformemente sopra questa superficie di base, esso si innalze-

(1) Tale, approssimativamente, è l'area della base dell'ammasso continentale. Per la ragione accennata nella nota precedente, il Wagner trova, per il volume dello stesso ammasso, 553 milioni di chil. cubici (= 221.000.000 × 2500). Nella scala della figura 1 510 milioni di chilometri quadrati sono rappresentati da 66 millimetri.

ebbe sino al livello medio della superficie fisica della Terra, così il suo volume è dato da 221.000.000 ch. q. × (2310 + 200 m.) = 554,7 mi-
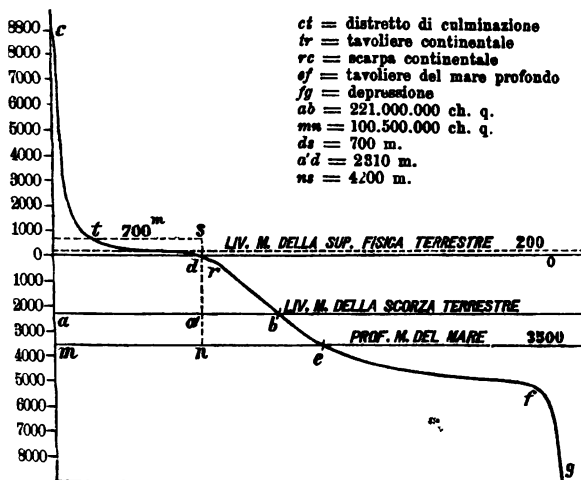
Fig. 1.

lioni di chilometri cubici. L'ammasso terrestre (Landblock) è dato dalla figura *mcdn*, nella quale *mn* rappresenta l'area delle terre (144.500.000 chil. q. secondo il Wagner): il suo volume è dato da *mn* × *ns* cioè da 144.500.000 chilometri quadrati × 4,2 chil. = 606,9 milioni chilometri cubici.

Dalla stessa figura si vede quanto vario sia l'andamento della curva ipsografica della scorza terrestre. Da 8840 metri all'altitudine positiva di 2000 metri essa cade, per così dire, rapidissimamente: a partire da + 2000 metri, e pro-

cedendo sino a — 200 metri, si appiana sempre più, e per un tratto considerabile si sviluppa anzi in senso quasi orizzontale: da — 200 metri a — 3500 metri è inclinata di quasi 45 gradi rispetto all' orizzonte, dopo di che si appiana dolcemente sino a — 6000 metri, ove si fa nuovamente ripidissima, a guisa di quanto succede per la massima parte del distretto di culminazione.

La stessa curva ipsografica ci conduce a risultamenti che crediamo utile riassumere qui: quantunque parecchi di essi siano già stati accennati più sopra.

I. *Aree.*

Area delle terre emerse	144.500.000	ch.q. ...	28,3 % (1)
Area della base dell'ammasso continentale .	221.000.000	„ ...	43,3 %
Area delle acque. . .	365.500.000	„ ...	71,7 % (1)

II. *Medie altezze.*

Media altezza delle terre emerse . .	+ 700	m.
Media profondità dell'Oceano	— 3500	„
Medio spessore dell'ammasso terrestre	4200	„
Medio spessore dell' ammasso continentale	2500	„

III. *Zone di altitudine.*

al disopra di 3000	metri	chil. q.	5.100.000	1	%
da + 2000 a 3000	„	„	5.100.000	1	„
„ + 1000 a 2000	„	„	20.400.000	4	„
„ + 500 a 1000	„	„	27.000.000	5,3	„
„ + 200 a 500	„	„	35.700.000	7	„
„ 0 a 200	„	„	50.600.000	10	„
al disotto di 0	„	„	600.000		
		Terre	144.500.000	28,3	%

(1) Secondo Ermanno Wagner.

IV. *Zone di profondità.*

da 0 a — 200	metri	chil. q.	30.600.000	6 %
„ — 200 a — 1000	„	„	16.300.000	3,2 „
„ — 1000 a — 2000	„	„	20.400.000	4 „
„ — 2000 a — 3000	„	„	33.100.000	6,5 „
„ — 3000 a — 4000	„	„	66.300.000	13 „
„ — 4000 a — 5000	„	„	183.600.000	36 „
„ — 5000 a — 6000	„	„	10.700.000	2,1 „
al disotto di 6000	„	„	4.500.000	0,9 „
		Mare	365.500.000	71,7 %

V. *Volumi.*

Volume delle terre emerse	101.150.000	ch. cubici
Volume dell'ammasso continentale	552.500.000 (1)	„
Volume dell'ammasso terrestre	606.900.000	„
Volume della massa oceanica	1279.250.000	„

VI. *Livelli riferiti a quello del mare.*

Livello medio delle terre emerse . .	+ 700 m.
Livello medio della superficie fisica (solida e liquida) della Terra	+ 200 „
Livello dell'ammasso continentale distribuito uniformemente sulla superficie di base	+ 200 „
Livello del mare	0
Livello medio della scorza terrestre . .	— 2310 „
Livello medio del fondo marino . . .	— 3500 „

Alberto Penck, dall'andamento della curva ipsografica, è tratto a distinguere primieramente due diverse parti della crosta terrestre, cioè gli alti tavolieri continentali che giacciono tra — 200 e + 8840 metri, e le *regioni abissali* tra — 2500 e — 9500.

---

(1) Secondo Ermanno Wagner.

Tra i tavolieri continentali e le regioni abissali a circa 4500 metri di profondità è una regione di pendenza, la cui area è appena di 10,4 % della superficie della Terra. Questa regione, detta *aktica* (1), rappresenta la *scarpa* dell'ammasso continentale. Quanto al livello del mare, di tutti i livelli il più importante, nessuna relazione esso dimostra con queste tre parti della crosta terrestre così bene distinte per le loro condizioni di altezza. Esso taglia il tavoliere continentale: la parte al disopra si compone di terre basse e di terre alte, quella al disotto si divide in mare basso e mare profondo. Il mare basso è una *transgressione* del tavoliere continentale, mentre il mare profondo si estende al disopra delle regioni aktica ed abissale (2).

---

(1) Dal greco ἀκτή che vale anche *qualunque rialto.* È singolare l'errore in cui cadde il Supan scrivendo *arktische* Region in luogo di *aktische* Region. V. *Grundzüge der physischen Erdkunde*, pag. 35.

(2) PENCK, *Morphologie der Erdoberfläche*, I, pag. 137.

CAPITOLO IV.

La natura del fondo del mare.

Altrettanto antiche quanto le operazioni propriamente dette di scandaglio sono le indagini dirette a far conoscere la natura e la costituzione del letto marino. Nel libro II delle *Storie* Erodoto di Alicarnasso dice: " La natura dell'Egitto è tale che, se voi vi andate per via d'acqua e, essendo ancora ad una giornata dalle coste, gettate in mare la sonda, ne trarrete del limo a undici braccia di profondità: ciò prova a tutta evidenza che il fiume ha trasportato della terra sino a questa distanza " (1). Preziosa per il navigante greco era questa indicazione di Erodoto, poichè egli veniva così a sapere che il luogo nel quale, a undici braccia di profondità, lo scandaglio accusava la presenza del limo trasportato dalle acque del Nilo, era ad una giornata di navigazione dal delta di questo fiume. E giu-

(1) Lib. II, cap. 5.

stamente osserva il Krümmel, che quella indicazione, più che di ordine scientifico, deve ritenersi di interesse essenzialmente pratico (1). Questo mezzo di orientazione non è ancora abbandonato in oggi, quando si tratta di una navigazione in mari di poca profondità. I pescatori delle coste germaniche sul Mare del Nord quando, perduta di vista la terra, giungono al Doggerbank, sanno benissimo determinare abbastanza rigorosamente la posizione delle loro navicelle per mezzo dei saggi del letto marino forniti dallo scandaglio. Ed un numero grande di tali informazioni si trova in molti Libri nautici e Portolani del Medio Evo, tra cui quello del 15° secolo in uso presso i navigatori Anseatici, pubblicato dai signori Koopmann e Breusing, e ampiamente citato dal Krümmel (2).

Ma, dopo i progressi dell'astronomia nautica, lo studio del fondo del mare ha cessato di avere una importanza pratica per assumere invece una importanza scientifica di primo ordine, imperocchè i processi geologici dell'epoca presente proseguono incessantemente nel fondo del mare, e moltissimi ed importanti fatti geologici e biologici degli antichi periodi della storia della Terra trovano la loro spiegazione appunto nella natura dei materiali deposti lungo il letto dell'Oceano e dei mari secondari (3).

---

(1) Krümmel, *Der Ozean*, pag. 76.

(2) Krümmel, *Der Ozean*, loc. cit.

(3) Boguslawski, *Ozeanographie*, I, pag. 65.

Quasi dappertutto si è trovato che il fondo del mare è coperto di materiali leggieri: assai raramente esso consta di solide rocce.

I depositi di questi materiali si distinguono in depositi *littorali*, tra il livello dell'alta marea e quello della bassa marea; depositi *nel mare basso*, tra il livello della bassa marea e la linea batimetrica di 200 metri, e depositi *nel mare profondo*, al disotto di questa linea.

A seconda della loro origine i depositi si distinguono in *pelagici* e *continentali* (terrigeni), i primi soltanto a grandi distanze dalla terraferma, i secondi nelle vicinanze di questa (1).

Sono, senza eccezione, depositi continentali quelli littorali e i depositi del mare basso: in parte pelagici in parte continentali i depositi nel mare profondo.

Secondo il Murray, il quale dà all'Oceano mondiale l'area di 371.026.000 chil. quadrati, ecco quali sarebbero le aree dei depositi littorali, nel mare basso e nel mare profondo.

Litorali	162.000	ch. q.
Nel mare basso . . .	26,000.000	"
Nel mare profondo . .	344.864.000	"
	371.026.000	"

I materiali che concorrono alla formazione dei depositi continentali provengono, in parte dalle

(1) *Geogr. Mitt.*, 1892, n. 1164 della *Litteraturbericht*, che contiene la recensione fatta dal dottore SUPAN dell'opera del MURRAY e del THOMPSON, *Deep-Sea Deposits*.

coste senza posa battute dalle onde, in parte dalla degradazione o dal disfacimento delle terre emerse, i cui prodotti sono dai fiumi portati al mare. In questo secondo caso i materiali più voluminosi e più gravi, al loro contatto con l'acqua marina, cadono rapidamente al fondo (1): i più fini sono dalle correnti trasportati in alto mare. Quanto ai materiali rocciosi, che i frangenti distaccano dalle coste, in parte si dispongono sulla superficie di *abrasione* (2); in parte sono sospinti lungo la costa, ove non raramente dànno origine a dighe costiere; in parte sono portati in mare dal movimento retrogrado delle onde. In questo

(1) Il deposito, sul fondo del mare, delle materie solide trasportate dai fiumi, avviene in modo ben diverso da quello che si presenta in un lago di acqua dolce. Nell'acqua marina le particelle minute cadono al fondo con una velocità che è all'incirca quindici volte maggiore di quella che esse avrebbero nell'acqua dolce. Questo rapporto, osserva il Richthofen, non ha però che un valore generale. Le indagini del Brewer (anno 1885) hanno condotto a risultamenti anco più straordinari. Le materie finissime di limo cadono nel fondo del mare in 30 minuti più compiutamente che non nell'acqua dolce in 30 mesi. V. Richthofen, *Führer der Forschungsreisende*, pag. 184, nella nota. Le prime osservazioni intorno a questo fatto importante risalgono all'anno 1838, in cui il Sidell pubblicava le sue *Relazioni sulla idraulica e sulla fisica del Mississippi*. Accenniamo anche le indagini di Teodoro Scheerer (anno 1851) e quelle di Francesco Schulze (anno 1866).

(2) Il vocabolo *abrasione*, introdotto dal Richthofen nell'opera citata nella nota precedente, si dà alla erosione prodotta dalle acque oceaniche.

caso, le sabbie grossolane cadono al fondo, ma solo parzialmente, imperocchè per una parte sono riportate verso la spiaggia, ove, soggette ad una nuova confricazione, o si depositano definitivamente, o si accumulano, sotto forma di dune, sfuggendo così alla ulteriore influenza dell'Oceano. Le particelle finissime di quarzo e di altri minerali rimangono tuttavia in sospensione insieme col limo e con fogliuzze di mica, e non si depositano che ad una grande distanza dalla costa (1).

La zona nella quale si formano questi depositi littorali può essere chiamata zona *littorale*, od anche *zona continentale del fondo marino.* La sua larghezza è in generale di 250 chilometri. Non raramente però, favoriti dalle correnti marine, questi depositi si effettuano entro una zona molto più estesa. Il limo trasportato dal Fiume delle Amazzoni e dall'Orinoco si trova ancora, in alto mare, alla distanza di 600 chilometri, e ciò in forza della grande corrente equatoriale dell'Atlantico. Quello giallognolo dell'Hoang-ho si avanza di tanto in mare, che questo con ragione è detto Hoang-hai (Mare giallo).

La zona litorale circonda le masse continentali e le isole; ad essa appartengono i fondi dei mari mediterranei e dei mari adiacenti. Vi si distinguono due sottozone: nella prima (superiore) predominano i sedimenti sabbiosi, nella seconda (inferiore) i sedimenti fangosi.

(1) Richthofen, *op. cit.*, pag. 417.

Alla zona continentale del fondo marino succede la zona, che il Richthofen chiama *zona del fango continentale azzurro e verde* (1). Essa giunge sino alla profondità di 5000 e persino a 7000 m. (così presso l'isola americana di San Tommaso). Alla composizione del limo azzurrognolo concorrono, a lato di sostanze argillose, il quarzo, il mica, il feldspato e l'orneblenda. Il limo verde è della stessa composizione, ma è specialmente caratterizzato dalla presenza di una notabile quantità di *glauconio* sia in granelli isolati, sia in granelli cementati da un' argilla bruna con quarzo, feldspato e fosfato di calce. A differenza del limo azzurro che si incontra sino a profondità di 7000 metri, il limo verde solo raramente si trova a profondità maggiori di 1300 metri.

Lungo le coste dell'America meridionale, dal capo S. Rocco a Bahia, il fondo del mare è coperto di limo *rosso*. Secondo il Murray questa colorazione è dovuta alle masse ricche di ocra trasportate in mare dai grandi fiumi americani (2). La massima profondità di questo sedimento, 3750 m., fu notata presso Pernambuco.

Nei dintorni delle isole vulcaniche il sedimento è più sabbioso, il colore varia dal grigio al ne-

(1) RICHTHOFEN, *op. cit.*, pag. 418.

(2) Secondo il Richthofen (*loc. cit.*) la colorazione rossa dipende dalla *laterite* (dal latino *later*) comunissima nel Brasile, che la corrente marina proveniente dal nord trasporta e distribuisce lungo quella sezione costiera dell'America meridionale.

rastro per la presenza delle pietre pomici, delle ceneri e delle lave. Frequente vi è il manganese, soprattutto quando si ha a fare con resti di rocce pirosseniche, ad esempio presso le isole Sandwich e le Canarie. Intorno al primo di questi gruppi il fango grigio vulcanico si trova sino a 200 miglia nautiche dalla costa (370 chilometri).

Presso le isole coralline il limo è formato da una grande quantità di materia calcarea amorfa, con resti di coralli e di foraminifere calcaree. Tutti i depositi adiacenti al gruppo delle Bermudas sono di questa natura sino alla profondità di 4570 m. Però, inferiormente a 1830 metri il fango prende un colore roseo, che diventa sempre più cupo coll'aumentare della profondità, e ciò perchè si fa sempre più forte la composizione argillosa, e sempre più debole invece la composizione calcarea.

I depositi pelagici consistono in *fanghi organici* ed in *argilla rossa.*

I fanghi organici sono i fanghi a *globigerinidi* (calcarei), i fanghi a *radiolarii* (scilicei), i fanghi a *diatomee* (pure scilicee), ed i fanghi a *pteropodi.*

Le Globigerine appartengono all'ordine Talamofori o Foraminiferi (Monotalami e Politalami) della classe dei Rizopodi (provincia Nucleati del sottoregno dei Protozoi). Esse, o per lo meno i loro gusci, si incontrano nei fondi di pressochè tutti gli oceani. Ma il nome di fango a globigerinidi non è usato, se non quando quegli animaletti rappresentano la massa principale del sedimento. Tali fanghi si trovano in tutti gli

Oceani, a profondità variabili da 450 a 5300 m. ma sono specialmente caratteristici del letto dell'Atlantico.

I *Radiolari*, che dànno il loro nome ad un ordine della classe dei Rizopodi, ed hanno scheletro sciliceo di forme svariatissime e complicate, talchè, come dice un illustre zoologo nostro, " tutte le forme possibili, tutti i tipi che ci è dato immaginare in un sistema di forme primitive si trovano negli scheletri di questi esseri " (1), si trovano tanto alle acque superficiali, quanto nelle parti più profonde: più che in ogni altro bacino oceanico essi abbondano nell'Oceano Pacifico, specialmente nelle sue parti equatoriali. I veri fanghi di radiolari, talmente estesi da caratterizzare interi bacini, si trovano da 4100 a 8000 metri di profondità. Accenniamo, tra questi, le parti centrale ed occidentale del Grande Oceano, una parte del Mediterraneo australasiatico, il mare tra le Sandwich e le isole della Società, nel cui fondo si avvicendano i fanghi a radiolari coi fanghi a globigerinidi. Per contro, i fanghi a radiolari sono rarissimi, o mancano totalmente, nella sezione meridionale del Grande Oceano, nell'Oceano Atlantico e nella parte meridionale dell'Oceano Indiano.

I fanghi a Globigerinidi e a Radiolari non si trovano nei bacini Mediterranei: fa solamente eccezione la depressione della parte europea nel

---

(1) Giglioli e Cavanna, *Zoologia*, I (Manuali Hoepli), pag. 36.

Mar glaciale artico, ove, secondo le osservazioni del Mohn, il fondo consta di fango foraminifero.

Vengono quindi i fanghi a *Diatomee*. Il nome *diatomee* (διατέμνω = spartire) si dà dai botanici ad alghe microscopiche che hanno una specie di guscio bivalve comunemente siliceo. I fanghi a diatomee surrogano, nella parte meridionale dell'Oceano Indiano, i fanghi a radiolari, e, dalla latitudine sud di 53° a quella di 63°, sono il deposito caratteristico di quell'Oceano, a profondità variabili da 2300 a 3600 metri. Se ne trovano pure qua e là, in altri Oceani, e in distretti più o meno estesi.

I fanghi a *Pteropodi* non differiscono da quelli a globigerine che per la presenza di numerosi resti di pteropodi e di eteropodi. L'area di questi sedimenti — del resto limitati all'Atlantico — è di poco superiore ad un milione di chil. quadrati.

Le argille rosse e grigie dei mari profondi rappresentano i depositi più estesi nell'Atlantico da 4400 a 5850 metri di profondità, nell'Oceano Indiano e nel Pacifico da 4070 a 7100. Per la presenza degli ossidi di ferro e di manganese quelle argille sono per la massima parte rosse o di colore tendente a quello del cioccolato. In queste argille le materie inorganiche rappresentano ben $\frac{9}{10}$ dei saggi, mentre in tutti i depositi più sopra descritti rappresentano appena la terza parte. Nell'Oceano Atlantico le argille coprono le fosse più profonde, mentre i dorsi e gli altipiani sono occupati dal fango a globigerine: sono

pure dominanti nel bacino orientale, e più profondo, dell'Oceano Indiano, e raggiungono la loro massima estensione — circa 106 milioni di chilometri quadrati — nell'Oceano Pacifico settentrionale ed orientale.

Ecco quali sarebbero, secondo il Murray ed il Thomson, le aree occupate dai depositi continentali e pelagici nella zona profonda dei diversi oceani.

	Atlantico	Oc. Indiano	Pacifico	Mari polari	Totali
Argilla rossa . .	15.000.000	12.700.000	105.670.000	—	133.370.000
Fango a radiolari	—	2.924.000	3.007.000	—	5.931.000
Fango a diatomee	—	28.178.000	100.000	—	28.278.000
Fango a globigerinidi . . .	58.270.000	31.650.000	38.330.000	—	128.250.000
Fango a pteropodi	1.036.000	—	—	—	1.036.000
Totale dei depositi pelagici	74.306.000	75.452.000	147.107.000	—	296.865.000
Limo (1) azzurro	5.200.000	3.900.000	7.800.000	20.700.000	37.600.000
Limo rosso . .	260.000	—	—	—	260.000
Limo verde e sabbia	—	—	—	—	2.600.000
Fango vulcanico e sabbia . . .	—	—	—	—	1.900.000
Fango corallino e sabbia . . .	2.070.000	1.040.000	3.880.000	—	6.990.000
Totale dei depositi continentali					49.350.000

Nel quadro seguente sono notate le profondità massima, minima e media dei diversi depositi:

Depositi pelagici	Prof. minima	Prof. massima	Prof. media
Argilla rossa . .	4069 m.	7224 m.	4990 m.
Fango a radiolari	4298 "	8184 "	5470 "
Fango a diatomee	1100 "	3612 "	2700 "
Fango a globigerinidi	730 "	5350 "	3660 "
Fango a pteropodi	713 "	2789 "	1910 "

(1) *Schlick* dei Tedeschi, nome che vale propriamente un limo molto spesso e tenace: *Mud* degli Inglesi.

Depositi continentali			
Limo azzurro . .	228 m.	5520 m.	2580 m.
Limo rosso . . .	220 „	2200 „	1120 „
Limo verde . . .	180 „	2322 „	940 „
Sabbia verde . .	al disotto di	1650 „	820 „
Fango vulcanico .	475 „	5120 „	1890 „
Sabbie vulcaniche	180 „	768 „	440 „
Fango corallino .	256 „	3528 „	1350 „
Sabbie coralline .	al disotto di	650 „	320 „

Che l'argilla rossa ed i noduli di ossido di manganese i quali coprono, sopra grandissime estensioni — come appare dal primo dei quadri precedenti — i fondi degli Oceani, non debbano formare che uno strato di poco spessore, pare potersi dedurre dal numero grande di certi resti sparsi alla sua superficie, e molto più rari in altri depositi. In una sola volta, trovandosi il *Challenger* al sud delle isole Marchesi, vennero tratti dalla profondità di 4250 metri più di cento denti di pescecane, e da 30 a 40 casse timpaniche di cetacei. Ora, tra queste ossa, le une erano coperte di una incrostazione di ossido di manganese dello spessore di due centimetri e mezzo, mentre le superficie di altre erano perfettamente nette. Inoltre, osserva il De Lapparent, alcuni denti di pescicani, appartenenti ad un *Carcharadon*, avevano sino a 10 centimetri di larghezza alla base ed erano simili ai denti del *Carcharadon* del terreno terziario dell'isola di Malta. E così in quegli abissi profondi del mare avvenne forse una accumulazione di resti organici appartenenti ad età geologiche assai diverse, e costretti a mescolarsi gli uni cogli altri a cagione della mancanza di

ogni sedimento proprio a coprirli. Inoltre, in tutta la campagna del *Challenger* i fanghi ad elementi organici non diedero che uno o due denti di squalo ed un solo osso timpanico, e nessuno se ne trovò nei depositi littorali. Si può adunque conchiudere che la formazione dell'argilla rossa è enormemente lenta, di modo che le spoglie dei vertebrati marini vi si possono accumulare per una lunga serie di secoli, senza correre altro rischio allo infuori di essere coperti di un sottile strato di deposito concrezionato manganesifero (1).

Di due altri fatti, implicitamente accennati nei due quadri che precedono, e di uno dei quali già si è toccato brevemente più sopra, vogliamo ancora intrattenere il lettore.

Nelle grandi eruzioni vulcaniche, le ceneri — le quali, come è noto, rappresentano la lava nel suo massimo stato di divisione — entrano sovente nella cerchia delle correnti atmosferiche superiori, dalle quali sono poi trasportate molto lungi dal luogo della eruzione. Il vulcano *Coseguina*, che si innalza alla entrata della baia Fonseca (America Centrale), aveva prima dell'anno 1835 l'altezza di 2000 metri. Nella formidabile esplosione del gennaio di quell'anno tante furono le ceneri eruttate, da coprire l'enorme superficie di 4 milioni di chilometri quadrati, e da rappresentare un volume di 50 chilometri cubi: in questa eruzione l'altezza del vulcano si ridusse a poco più di 1000 metri. Nella eruzione del *Tambora* (isola Sumbava, una

(1) De Lapparent, *Traité de Géologie*, pag. 252.

delle Piccole isole della Sonda) dell'aprile 1815 la pioggia di ceneri si estese sopra uno spazio maggiore della superficie della Germania: a Brunei, nell'isola di Borneo, distante 1400 chilometri dal luogo della eruzione, si contano gli anni a partire dalla *grande caduta di ceneri* (1). Nella primavera del 1875 le ceneri vomitate da un vulcano dell'Islanda giunsero sino alla Svezia, distante di là per lo meno 1900 chilometri.

A 18 milioni di metri cubici venne calcolato il volume delle ceneri eruttate dal vulcano di Krakatoa (stretto della Sonda) nella spaventosa esplosione dell'agosto 1883. La pioggia di cenere si estese di là sino a Singapore (al nord), alle isole Cocos (al sud), e da Benkulen (Sumatra) ad occidente sino a Patuha (Giava) ad oriente, cioè sopra una superficie di circa 830 mila chil. quadrati. Lo strato di cenere giunse in molti luoghi ad uno spessore di 6 centimetri. Secondo non pochi meteorologi, furono appunto le ceneri del vulcano di Krakatoa quelle che, trasportate nelle alte regioni dell'atmosfera, prima nella zona equatoriale, quindi verso il polo nord, cagionarono le meravigliose luci crepuscolari nell'inverno 1883-84.

Le ceneri vulcaniche, dopo aver vagato qua e là in balìa dei venti, cadono alla superficie stessa del mare, ove subiscono una più estesa diffusione per causa delle correnti marine, sino a che di-

(1) Prima della eruzione l'altezza del Tambora era di 4000 metri. La sua altezza attuale non è più che di 2576 metri.

scendono al fondo formando depositi di estensione non trascurabile. E così è in parte spiegata la presenza, nei saggi del fondo marino, di finissimi frammenti di quarzo e di mica, e di filamenti di pietra pomice.

Anco più attive, sotto questo riguardo, sono le eruzioni vulcaniche sottomarine, per la semplice ragione che il materiale di queste eruzioni è fornito immediatamente all'Oceano. Nel suo eccellente studio sui terremoti e sulle eruzioni sottomarine, pubblicato nel 1887, il dottore Rudolph è condotto ad affermare che le eruzioni sottomarine avvengono tanto nel mare basso, quanto nel mare profondo, tanto sui dorsi sottomarini quanto nei distretti depressi propriamente detti (1). Aggiungasi, che nei grandi mediterranei l'attività vulcanica sottomarina è altrettanto intensa quanto la subaerea. Sono fatti memorabili quelli della subitanea apparizione dell'isola *Giulia* o *Ferdinandea* a sud-ovest della Sicilia (anno 1830), delle nuove isolette comparse a parecchie riprese nel gruppo di Santorino (Arcipelago greco). E il fenomeno non è punto raro negli Oceani aperti. Nei dintorni dell'isola *San Michele* (Azzore) apparve nel 1638 un'isola, la quale scomparve dopo breve tempo; lo stesso avvenne di tre altre isole apparse nel medesimo luogo negli anni 1720, 1811 (isola *Sabrina*) e 1857, come pure di molte isolette

(1) A pag. 239 del volume 1° dei *Beiträge zur Geophysik*, nel quale è il lavoro del Rudolph, *Ueber Submarine Erdbeben und Eruptionen* (pag. 133-365).

che si erano innalzate, nel 1757, poco lungi dall'isola *San Giorgio* nel medesimo gruppo. E molti altri fatti si potrebbero qui addurre, se non vi si opponesse la brevità che mi sono impostà in questo piccolo lavoro. Solo è a notare, che, fra tutti i bacini oceanici, quello che maggiormente si distingue per la copia delle eruzioni sottomarine è la parte del Pacifico meridionale, nella quale si innalzano i gruppi della Melanesia, dalla Nuova Guinea alle isole Viti (1).

Tra i molti saggi del fondo dell'Atlantico settentrionale raccolti e studiati dalla spedizione del *Challenger*, parecchi contenevano, in grande quantità, piccolissimi granelli di quarzo, diversi, per la loro forma arrotondata, da quelli di origine vulcanica. Questa circostanza, unita al fatto che, là ove vennero pescati i granelli quarziferi, il fango a globigerinidi era colorato in rosso, mentre in altri distretti si mostrava comunemcnte di colore grigio chiaro tendente al bianco, dimostra che quei granelli sono la precipitazione, nel fondo del mare, della così detta *polvere degli alisei* (Passatstaub) o *del deserto*, la quale, più che in ogni altra parte dell'Oceano, è comune nei dintorni delle Isole del Capo Verde. La polvere di sabbia è colà quasi sempre rossiccia, e passa dal rosso giallognolo e dal rosso di mattone al colore bruno della cannella.

---

(1) V., per maggiori particolarità, Hugues, *Corso di Geografia fisica*, pag. 326 e seg. e Krümmel, *Der Ozean*, pag. 86.

Alla opinione generale dei naviganti, che questa polvere fosse di origine africana, si contrappose per alcun tempo quella del professore Ehrenberg, secondo la quale si tratterebbe invece di polveri provenienti dall'America meridionale e trasportate dalle correnti superiori dell'atmosfera verso l'Africa occidentale e l'Europa meridionale. L'illustre tedesco fondava questa affermazione sul fatto, dimostratogli dal microscopio, che quelle polveri contenevano un numero grandissimo di infusorii e di diatomee speciali all'America meridionale, ma punto africane, almeno per la massima parte. Ma le recenti indagini dei dottori Hellmann e Dinklage hanno posto fuori di ogni dubbio la origine africana della polvere degli alisei. Primieramente, la zona di questa polvere è strettamente unita al continente africano, occupando uno spazio semiellittico concavo verso oriente, col suo asse maggiore all'incirca lungo il 18° parallelo boreale, e colle sue estremità — se così posso esprimermi — sulla costa occidentale del Marocco, e la costa degli Schiavi sul Golfo di Guinea. La spinta di queste polveri è adunque dovuta ai venti orientali del Sahara, alla loro volta cagionati da alte pressioni barometriche in luoghi situati molto lungi verso oriente. Il grande *maximum* barometrico del gennaio e del febbraio 1882 fu difatti accompagnato e seguito da una nube di polvere straordinariamente estesa (1). Si intende adunque, che le di-

(1) *Geographisches Jahrbuch*, vol. XIII, pag. 50.

mensioni della zona, quali furono accennate dianzi, non sono punto costanti: la sua posizione indicata è piuttosto una posizione media. Così il punto più occidentale, sin qui avvertito, della zona, corrisponde alla latitudine nord di circa 41°, e alla longitudine occidentale di 37°30′.

CAPITOLO V.

Le acque marine.

Nel mare si raccolgono tutti i minerali solubili della scorza terrestre. Dei 60 corpi così detti *semplici* ben 32 furono avvertiti nelle acque dell'Oceano; ma non senza ragione si ritiene che tutti 60 vi siano rappresentati, e che soltanto gli imperfetti mezzi di indagine hanno sin qui impedito di accertare la esistenza degli altri 28. Gli elementi che si trovano in quantità maggiori sono l'ossigeno, l'idrogeno, l'azoto, il carbonio, il cloro, il sodio, il magnesio, il solfo ed il fosforo. I due primi tengono il primo posto come componenti dell'acqua: inoltre l'ossigeno si presenta mescolato coll'azoto nell'aria assorbita dall'acqua marina, e l'idrogeno nelle materie organiche in questa disciolte. Il carbonio vi è rappresentato in parte coll'acido carbonico, in parte, quantunque in misura più modesta, col carbonato di calcio sciolto nell'acqua; in parte, in fine, come costituente dei gusci di animali marini. Il cloro, il

sodio, il magnesio, il potassio, e il solfo formano, colle loro combinazioni coll'ossigeno e coll'idrogeno, le parti sostanziali dell'acqua marina.

Secondo le analisi dello Schmidt, in 100 gr. di acqua marina si trovano disciolti:

Cloruro di sodio . . .	grammi	27,18	78,1 %
Cloruro di magnesio .	"	3,35	9,6 "
Solfato di magnesio .	"	2,27	6,5 "
Solfato di calcio . . .	"	1,27	3,7 "
Cloruro di potassio . .	"	0,61	1,8 "
Bromuro di magnesio .	"	0,05	0,2 "
Bicarbonato di calcio e diversi (1)	"	0,08	0,1 "
		34,81	100,0

Il Dittmar, membro della spedizione del *Challenger*, dà le proporzioni seguenti sopra 100 parti di sali:

Cloruro di sodio	77,758
Cloruro di magnesio	10,878
Solfato di magnesio	4,737
Solfato di calcio	3,6
Cloruro di potassio . . . ,	2,465
Bromuro di magnesio . . .	0,217
Carbonato di calcio	0,345
	100,000

il che darebbe la salsedine di 34,836 per mille grammi di acqua marina.

(1) Tra questi diversi sali notiamo il cloruro di rubidio, il fosfato di calcio, il carbonato di ferro, del peso di gr. 0,04.

Ecco ancora quale sarebbe, secondo le analisi del Forchhammer, la composizione dell'acqua marina nei bacini aperti, ove la salsedine non è soggetta a grandi oscillazioni:

	In 1000 gr. di acqua	In 100 parti di sali
Cloruro di sodio . .	26,862	78,32
Cloruro di magnesio	3,239	9,44
Solfato di magnesia .	2,196	6,40
Solfato di calcio . .	1,350	3,94
Cloruro di potassio .	0,582	1,60
Diversi	0,071	0,21
	34,3	100,00

Dal primo di questi quadri si trae, che su 100 parti di sali, i cloruri sono rappresentati da parti 89,15, i solfati da 10,2, i bromuri da 0,2, i carbonati da 0,1.

Il numero che si ottiene dividendo la totalità dei sali per la quantità del cloro chiamasi *coefficiente del cloro.* Dal quadro primo esso risulta = 1,81. Per lungo tempo si ritenne che, per gli Oceani aperti, fosse perfetta uniformità nel rapporto tra i singoli principali componenti dell'acqua marina e la totalità dei sali, così che si sarebbe potuto applicare il coefficiente del cloro alla determinazione del grado di salsedine, moltiplicando esso coefficiente per il numero dei grammi di cloro contenuti in un chilogramma di acqua marina. In realtà il coefficiente del cloro non è costante, ma, come risulta dalle osservazioni fatte dal Krümmel durante la spedizione scientifica del *Plankton* (a bordo della nave a va-

pore *National*, nell'anno 1889) (1), aumenta col diminuire del grado di salsedine. Chiamando κ il coefficiente del cloro, p l'insieme dei sali contenuti in 1000 grammi di acqua marina, e χ il numero dei grammi di cloro (per ogni chilogr. di acqua marina) si ha primieramente:

$$\kappa = \frac{p}{\chi}.$$

Tra p e χ si ha, secondo il Krümmel, la seguente relazione:

$$p = 1{,}83\,\chi - 0{,}0011\,\chi^2 \quad (2).$$

Dividendo ambi i membri per χ si ottiene:

$$\frac{p}{\chi} = \kappa = 1{,}83 - 0{,}0011\,\chi.$$

Il valore massimo di κ è adunque 1,83 (3).

La differenza tra le acque marine e le acque fluviali non sta soltanto nel grado di salsedine, enormemente più intenso nelle prime che nelle

---

(1) Sotto il nome di *Plankton* (πλανάω = errare, vagare qua e là) si intende l'insieme degli innumerabili piccoli organismi, che galleggiando ma seguitando automaticamente i movimenti dell'acqua, riempiono tutti gli strati della massa oceanica.

(2) *Geographisches Jahrbuch*, XVIII, pag. 186. Secondo il Dickson l'ultimo termine del secondo membro sarebbe 0,0012 χ^2.

(3) Tuttavia il Forchhammer dà per 0,7 ‰ di salsedine $x = 2{,}15$ (Mar Baltico).

seconde (1), ma ancora nelle diverse proporzioni con cui sono distribuite le materie saline. Secondo le indagini del Roth, i carbonati sono, nelle acque dei fiumi, rappresentati da 60,1 %, i solfati lo sono da 9,9 %, i cloruri da 5,2. Questi ultimi vengono adunque in terza linea, mentre hanno una parte così importante nella composizione dell'acqua marina: invece, il carbonato di calcio, caratteristico delle acque dei fiumi, si trova nelle acque del mare in quantità quasi inconcludente. Donde la conclusione formolata dal Roth, che " la composizione e la salsedine dell'acqua marina attuale non derivano dalle acque dei fiumi odierni " (2).

Ma intanto sorge spontanea la domanda: " Che avviene, nel mare, della enorme quantità di calcio (3) trasportatavi incessantemente dalle

(1) Il cloruro di sodio tiene nelle acque dei fiumi un posto affatto secondario, ma vi è universalmente diffuso, e non solo lo si trova nei fiumi che percorrono paesi salini, ma eziandio in quelli che attraversano distretti spogli di sale, come sarebbe nell'Elba alla sua uscita dalla Boemia.

(2) Roth, *Allgemeine und chemische Geologie*, I, pag. 494; Wagner, *Lehrbuch der Geographie*, 6ª ediz., I, pag. 449.

(3) La somma delle sostanze sciolte nei fiumi è approssimativamente $\frac{1}{6000}$ del peso delle acque che essi portano al mare, e si può calcolare a 4.100.000.000 di chilogr. Stando alla proporzione accennata dal Roth, il carbonato di calcio vi sarebbe rappresentato da 2.464.100.000 chilogrammi, e il calcio da 985.640.000 chilogrammi. La quantità di calcio annualmente trasportato dai fiumi al mare è calcolata dal Murray in 900 milioni di chilogrammi.

acque fluviali „? La risposta è facile. L'eccesso di calcare è fissato nei loro organismi da molti esseri marini, come dai *coralli*, le cui costruzioni consistono specialmente in carbonato di calcio. E questo si ritrova nelle conchiglie di innumerevoli molluschi, i quali tolgono all'acqua marina il materiale necessario alle loro dimore calcaree, come anche nei gusci e negli scheletri dei protozoi.

I quadri precedenti, nei quali sono indicati i principali sali sciolti nelle acque del mare, sono ben lungi dallo esprimere la estrema complessività della salsedine marina. L'analisi spettrale dimostra la presenza dell'arsenico, del cesio, dell'oro, del litio e del rubidio. L'analisi delle ceneri dei *varec* e l'esame delle secrezioni calcaree negli animali marini (1) condussero alla scoperta dell'argento, del bario, del boro, del cobalto, del ferro, del fluoro, dell'iodio, del manganese, del nichelio, del piombo, del potassio, del silicio, dello

(1) Le ceneri della *Zostera marina* contengono ossido di manganese per la 25ª parte del loro peso, ossido di zinco per la 30000ª parte, e ancora poco di cobalto e di nichelio; nel sargasso *Fucus vesiculosus* ed in altri si trovano rame e zinco. L'*Heteropora abrotanoides* e la *Pocillopora alcicornis* (coralli) contengono rame per $\frac{1}{350.000}$ e $\frac{1}{500.000}$ dei loro pesi rispettivi, e piombo $\left(\frac{1}{50.000}\right.$ e $\left.\frac{1}{370.000}\right)$. Nella *Pocillopora* il Forchammer trovò l'argento per la 3.000.000ª parte del peso. Dell'argento e dell'oro fu pure dimostrata la presenza in molti animali inferiori dal Malaguti e dal Durocher.

zinco: per mezzo della evaporazione di grandi masse d'acqua e colle indagini chimiche delle caldaie delle navi a vapore si è avvertita la presenza dell'alluminio, e dello stronzio. Alla scoperta dell'argento nelle acque marine si fu condotti dall'esame delle piastre di rame che rivestono le navi di lungo corso. Il contatto dell'acqua marina col rame genera una corrente galvanica ed azioni chimiche, per le quali l'argento si libera in forma di cloruro d'argento. Si è cercato di determinare la quantità di argento sospesa nelle acque del mare, ma queste determinazioni mancano di ogni fondamento scientifico. Giovanni Herschel e il Maury la calcolano a 2 milioni di tonnellate, pari a circa dieci volte la produzione argentifera dopo la scoperta dell'America. Secondo il Munster una tonnellata di acqua marina contiene 19 milligrammi di argento e 6 milligrammi di oro; il che condurrebbe a 24.300.000 tonnellate di argento e a 7.674.000 tonnellate di oro (1).

Il complesso di tutte le materie non saline contenute nell'acqua del mare è valutato a 0,07 %.

Fra i gas, sono assorbiti nelle acque marine il gas acido carbonico, l'aria atmosferica, l'ossigeno, e alcune volte il gas idrogeno carbonato e l'azoto. Relativamente alla distribuzione di questi gas, dall'un lato vi concorre la vita organica, dall'altro la decomposizione dei morti organismi, e ancora la circostanza, che l'acqua marina riceve

(1) GÜNTHER, *Geophysik*, II, pag. 436.

dall'atmosfera più ossigeno che idrogeno. Mentre l'atmosfera, com'è noto, si compone di 21 volumi di ossigeno e 79 di azoto, l'aria assorbita dalla superficie del mare si compone per $\frac{1}{3}$ di ossigeno e per $\frac{2}{3}$ di azoto. Dalle osservazioni fatte dalla spedizione del *Challenger* si deduce che la quantità dell'ossigeno, massima alla superficie, diminuisce rapidamente sino alla profondità di 600 metri: in seguito aumenta a poco a poco, e da 1600 metri sino al fondo rimane poi costante ed eguale ai $\frac{3}{4}$ di quella corrispondente alla superficie.

La presenza di materie saline e di altre sostanze nelle acque del mare dà a queste un peso specifico superiore a quello dell'acqua dolce. E questo peso specifico varia da un mare all'altro e anche in un medesimo bacino, secondo la quantità delle sostanze disciolte, la intensità della evaporazione, il tributo delle acque fluviali, la precipitazione atmosferica più o meno abbondante la direzione delle correnti marine, ecc. Nei mari che per la loro giacitura sono soggetti a congelamento, il peso specifico delle acque è anche modificato dalla formazione e dallo scioglimento dei ghiacci; e possiamo asserire che ogni variazione nella temperatura, ogni movimento locale del mare ha per conseguenza una modificazione più o meno sensibile nella proporzione dei sali disciolti e nel peso specifico dell'acqua.

Solo nei laboratori di chimica si possono, per la determinazione del peso specifico, applicare i

metodi più rigorosi e delicati. A bordo delle navi tale ricerca si fa o per mezzo dell'areometro, o col fissare il coefficiente del cloro, che abbiamo visto essere in un rapporto pressochè costante colla totalità dei sali disciolti, o ancora per mezzo dell'esponente di rifrazione che dipende pure dal grado di salsedine. Il metodo più usato è il primo, per la ragione che le osservazioni coll'areometro, oltre all'essere molto semplici, conducono eziandio a risultamenti assai vicini all'esattezza. Gli areometri dànno immediatamente il peso specifico P dell'acqua marina alla temperatura del momento (t°) riferita all'acqua distillata ad una *temperatura normale*. Chiamando n° questa temperatura normale, si usa rappresentare il peso specifico con $P\left(\frac{t^{\circ}}{n^{\circ}}\right)$. Ma la scelta della temperatura normale è, sino ad oggi, rimasta arbitraria. In Germania si adotta la temperatura di 17°,5 C. (= 14° R.): in Inghilterra quella di 60° F. (= 15°,56 C.), mentre la miglior cosa sarebbe, a guisa di quanto si fa per molte altre correzioni di temperatura, adottare la riduzione alla temperatura 0° C.

Egualmente non si è concordi nella temperatura dell'acqua distillata, alla cui massa si riferisce la massa di un eguale volume d'acqua marina (1). In Germania è adottata la temperatura

(1) Ricordiamo che il peso specifico di un corpo è il rapporto della massa di questo corpo alla massa di un uguale volume di acqua pura ridotta alla temperatura di 4° C.

di 17°,5 C., in Inghilterra o la temperatura di 4° (come in Francia ed in Italia), che è quella della massima densità dell'acqua, o quella di 15°, o quella di 15°,56 C. Si hanno adunque diversi pesi specifici P, i quali costringono a continui calcoli. Essi si rappresentano, per brevità, con

$$P\left(\frac{17°,5}{17°,5}\right);\ P\left(\frac{15°,56}{15°,56}\right);\ P\left(\frac{15°,56}{4°}\right);\ P\left(\frac{0°}{4°}\right).$$

Quanto alla salsedine S, è data dalla formola empirica

$$S = \delta\,(P - 1)$$

nella quale il cofficiente δ varia a seconda delle temperature che si sono scelte a temperatura normale e a temperatura dell'acqua distillata alla cui massa si rapporta la massa di un eguale volume d'acqua marina. Con $P\left(\frac{17°,5}{17°,5}\right)$ si ha

$\delta = 1310$, con $P\left(\frac{15°,56}{4°}\right)$ si ha $\delta = 1353$.

Con $P\left(\frac{17°,5}{17°,5}\right)$ si hanno, in corrispondenza a diversi pesi specifici, i seguenti gradi di salsedine:

$$P = 1{,}025 \qquad\qquad P = 1{,}026$$
$$S = 1310 \times 0{,}025 \qquad S = 1310 \times 0{,}026$$
$$32{,}75 \qquad\qquad 34{,}06$$

$$P = 1{,}027 \qquad\qquad P = 1{,}028$$
$$S = 1310 \times 0{,}027 \qquad S = 1310 \times 0{,}028$$
$$35{,}37 \qquad\qquad 36{,}68$$

$$P = 1{,}029$$
$$S = 1310 \times 0{,}029$$
$$37{,}99.$$

Con P $\left(\frac{15°,56}{4°}\right)$ i gradi di salsedine sono i seguenti

P = 1,025	P = 1,026	P = 1,027
S = 33,82	S = 35,18	S = 36,53

P = 1,028	P = 1,029
S = 37,88	S = 39,24.

Dalle numerose osservazioni intorno alle densità dell'acqua marina alla superficie si ricava che il maximum della densità, e perciò anche della salsedine, corrisponde, tanto nell' Oceano Atlantico quanto nel Pacifico, alla zona degli alisei. La salsedine è difatti favorita dalla evaporazione, e questa a sua volta lo è dai venti regolari, freschi ed asciutti.

Nell'Atlantico, ad occidente delle isole Canarie, e così nella zona degli alisei del nord-est, la salsedine giunge a 37,4 (per mille): lo stesso dicasi dell'Atlantico meridionale presso l'isola di Sant'Elena (zona degli alisei del sud-est). Nell'Oceano Pacifico il grado di salsedine è alquanto minore: 36,7 nei dintorni delle isole della Società (alisei del sud-est): 35,7 nella zona degli alisei del nord-est.

Le massime densità sono adunque 1,0285 nell'Atlantico, e 1, 028 nel Pacifico (1).

(1) La massima densità sino ad ora incontrata nel Pacifico settentrionale (1,0276) lo fu dal Makarow nel 1887 a 23° 50' lat. N. e 163° 16' long. E. V. *Geogr. Mitt.*, 1897, pag. 279.

Meno intensa è la salsedine nella regione delle calme. Nell'Atlantico settentrionale, tra i paralleli 3° e 10°, essa è inferiore dappertutto a 35: in media è di 34,7. Nella zona delle calme del Pacifico la spedizione del *Challenger* notò il grado di salsedine, relativamente piccolo, di 33,6.

Le acque della Corrente del Golfo (*Gulf Stream* degli Inglesi) si distinguono per la forte salsedine, da 35 a 36, la quale si mantiene nella direzione del nord-est sino alle coste dell'Europa, ed è tanto più sensibile se la si paragona con quella delle acque polari fredde, e relativamente poco salate (da 32 a 33), che si intromettono tra il Gulf-Stream e le coste orientali dell'America del Nord (1).

Nell'Atlantico meridionale la linea isoalina (di uguale salsedine) di 35 per 1000 non si sviluppa che nella corrente brasiliana sino alla latitudine sud di 43°, ritornando poi verso l'equatore sino alla latitudine sud di 36°. Per quanto possiamo dedurre dalle osservazioni moderne, pare che il medesimo fatto si ripeta eziandio nel Grande Oceano meridionale e nella parte meridionale dell'Oceano Indiano.

Il Grande Oceano settentrionale è certamente l'Oceano meno salato, contrariamente all'Atlantico settentrionale che è, di tutti gli Oceani, il

---

(1) La salsedine di 35 per 1000 si incontra ancora nel mar polare artico, in quanto appartiene agli ultimi prolungamenti del Gulf-Stream, al di là del 70° parallelo.

più ricco di sali. Secondo le osservazioni del contrammiraglio russo Makarow (V. la nota a pag. 150) comandante la corvetta *Witjas* nel viaggio di circumnavigazione (anni 1886-1889), il Grande Oceano settentrionale ha una salsedine da 1 $^1/_2$ a 2 per mille inferiore a quella dell'Atlantico settentrionale. Nel distretto di massima salsedine, situato tra le isole Sandwich e le isole Bonin, raramente è di pochissimo sorpassato il 36 per 1000. E, come nelle controcorrenti equatoriali la salsedine è minore di quella della zona degli alisei, così anche nella controcorrente orientale del Pacifico; ma vi è inferiore di 1 $^1/_2$ per mille alla salsedine della controcorrente della Guinea (Atlantico).

Dalla zona tra le Sandwich e le Bonin, e dalla latitudine nord di 32° a quella di 18° il grado di salsedine diminuisce in tutte le direzioni. Il mare di Bering ha circa 33 per mille; il mare di Ochotsk soli 32, nel Mare del Giappone la salsedine oscilla da 34,5 nella parte sud-est a 33 nella parte nord-ovest; il più forte contrasto è nello Stretto di Lapérouse, ove essa è minore di 32 nel nord, e supera 34 nella parte meridionale (1).

Siccome le più poderose fiumane si gettano nell'Atlantico, mentre all'Oceano Pacifico non tributano che pochi fiumi di grande sviluppo, quali

(1) *Geographisches Jahrbuch*, vol. XVI, pag. 61; *Geographische Mitteilungen*, 1893, pag. 88.

sono l'Amur, l'Hoang-ho, il Jang-tze-kiang, il Mecongo, il Columbia, così pare che la differenza tra le salsedini dei due bacini oceanici derivi da altra causa, che non sia quella delle condizioni idrografiche delle masse continentali. Piuttosto quella differenza sarebbe spiegata dal fatto, che ad oriente dell'Oceano Atlantico si estendono le più grandi masse solide della superficie terrestre. Gli alisei che soffiano nell'Atlantico sono per questa ragione straordinariamente asciutti, e, favorevoli come sono alla evaporazione, producono nelle acque di quel bacino un maggior grado di salsedine: umidi invece sono gli alisei che soffiano nella vasta distesa del Pacifico.

Nell'Oceano Indiano è un solo distretto di massima salsedine (35,85 per mille), per la ragione che è solamente la sua parte a mezzogiorno dell'equatore quella che appartiene al dominio dei venti regolari di evaporazione. Questo distretto, dalla forma di un'ellisse col suo grand'asse lungo il parallelo 30° australe, è tagliato quasi per mezzo dal meridiano 80° orientale. Al nord del parallelo del capo Comorino, il grado di salsedine è inferiore a 33,8 per mille.

Nelle vicinanze delle coste, specialmente di quelle lungo le quali si succedono le imboccature di grandi fiumi, il grado di salsedine è notabilmente inferiore a quello dell'alto mare sotto eguali latitudini. Vicino alla foce del Congo il peso specifico varia, secondo le osservazioni dello Schleinitz, da 1,0258 a 1,0263 (grado di salsedine da 33,8 a 34,45): lungi in mare ad uguale lati-

tudine il peso specifico varia da 1,0271 a 1,0276, e il grado di salsedine da 35,5 a 36,15. Lo stesso Schleinitz dà 1,02391 per il peso specifico delle acque marine dirimpetto alla imboccatura del Rio de la Plata (grado di salsedine = 31,32); lungi ad oriente il peso specifico era 1,02712 (gr. di salsedine = 35,52). Nel Golfo del Bengala il peso specifico è in media 1,021 (sotto il parallelo N. di 20°), e il grado di salsedine appena del 27,51 per 1000.

Negli Oceani, in cui si avvicendano la stagione asciutta e la stagione piovosa, si debbono necessariamente manifestare, nel corso dell'anno, differenze non trascurabili nei pesi specifici e nei gradi di salsedine. Nel mese di settembre il capitano Toynbee ebbe a notare nell'Oceano Indiano per i paralleli sud di 30°, 20° e 10° i seguenti pesi specifici 1,0271, 1,0257, 1,0248; nei mesi di gennaio e di febbraio che entrano nella stagione piovosa, i pesi specifici lungo gli stessi paralleli — quantunque a diverse longitudini — erano 1,0253, 1,0246, 1,0235.

Del resto le differenze nei gradi di salsedine che abbiamo notato nei tre Oceani aperti tra loro paragonati sono pure spiegate, almeno in parte, dalle diverse precipitazioni atmosferiche in ciascuno di essi. Secondo il Dottore Black, ecco quale sarebbe, in media, la quantità di pioggie annuali per ciascuna parte settentrionale e meridionale dei tre Oceani aperti (1):

---

(1) Günther, *Geophysik*, II, pag. 434.

Mari	Piogge annuali in mm.
Atlantico settentrionale	1000
Atlantico meridionale	630
Oceano Indiano settentrionale . . .	1040
Oceano Indiano meridionale . . .	1170
Oceano Pacifico settentrionale . . .	1260
Oceano Pacifico meridionale . . .	1160

Che nella zona delle calme, caratterizzata, tra le altre cose, da pioggie abbondanti, il grado relativamente piccolo di salsedine debba attribuirsi all'azione di queste pioggie, è provato dal fatto che lo strato d'acqua meno salata è molto sottile, mentre a più alte latitudini il grado di salsedine diminuisce normalmente colla profondità. Tuttavia il dottore Schott nega la influenza delle acque piovane; egli opina cioè, che nella zona delle calme la salsedine sia piuttosto uguale alla normale, e che, se essa non aumenta, si è perchè venti irregolari, deboli, ovvero le bonaccie e l'aria umida impediscono la evaporazione. Per eguale ragione la salsedine si fa meno sensibile, come già si è avvertito, verso le latitudini medie e alte: in quella direzione infatti la evaporazione diminuisce per l'abbassamento della temperatura, ed aumenta la umidità relativa dell'aria.

Il Mar glaciale artico è a classificarsi nei mari relativamente poco salati (in paragone degli Oceani aperti). Tuttavia i dati importantissimi raccolti durante le tre spedizioni della nave norvegese *Vöringen* (comandata dal capitano Wille e sotto la direzione scientifica del dottore Mohn) negli anni 1876-78, e nel mare polare europeo

tra la Groenlandia, l'Islanda, la Norvegia, e le Spitzbergen, dimostrano chiaramente la influenza che vi esercitano le correnti calde provenienti dall'Atlantico (1). Il peso specifico, alla superficie, sui due lati del gruppo delle Färöer, dal 62° al 63° $^1/_2$ lat. N., tocca la cifra di 1,027 (grado di salsedine = 35,5 per mille): diminuisce poi gradatamente verso il nord sino a 1,0267 (35,2 per mille) nei dintorni dell'isola degli Orsi, e a 1,0261 (34,3) a settentrione di questa. Il grado minore di salsedine (da 33,5 a 34,8), notato dalla spedizione Mohn ad occidente delle Spitzbergen nella calda stagione, proviene di certo dalla quantità considerabile di acqua dolce tributata al mare dai grandi ghiacciai di quell'arcipelago artico, precisamente come dall'abbondanza dei fiumi costieri deriva la poca salsedine lungo le coste norvegesi.

Nel Mar polare ad oriente della Groenlandia, tra le latitudini N. di 71° e 75° e le longitudini O. di 4° e di 12° e nel ghiaccio presso la Groenlandia orientale (71°-75° N.; 11°-18° long. O.) le osservazioni fatte, durante la seconda spedizione polare tedesca, dai dottori Börgen e Copeland, diedero per i pesi specifici respettivi i numeri 1,026 e 1,0252 e i gradi di salsedine 33,8 e 32,8.

---

(1) V. MOHN, *Die norvegische Nordmeer-Expedition*, Gotha, 1880, e specialmente la cartina annessa alla tavola 1ª, nella quale sono notate le condizioni della salsedine secondo le osservazioni del dottore Tornöe, chimico addetto alla spedizione del *Vöringen*.

Nel Mare polare siberiano è evidente la influenza dei grandi fiumi dell' Asia settentrionale, dall'Ob al Colima. Dirimpetto alle loro imboccature il peso specifico non è superiore a 1,01 (salsedine 13,1), mentre in alto mare giunge sino a 1,025 (salsedine 32,75).

Poco salati sono pure i bacini marittimi ad occidente della Groenlandia. Nel distretto compreso tra le latitudini di 79° 30′ e 81° 30′ e le longitudini occidentali di 63° e di 71°, il dottore Bessels, membro della spedizione della *Polaris* (capitano Hall) trovò per il peso specifico il valore 1,02155 — ridotto a 15° di temperatura — donde 29,16 per mille di salsedine. La spedizione artica inglese (1875-76), condotta dal capitano Nares, ebbe a notare alla entrata del Golfo di Allman il peso specifico (nel settembre) di 1,00217 (salsedine 2,93). Ben diversi però, come si vedrà più sotto, furono trovati i pesi specifici negli strati profondi.

I mari secondari differiscono generalmente, nel grado di salsedine, dagli Oceani aperti. In alcuni la salsedine è molto intensa, come nel Mediterraneo Romano e nel Mar Rosso; in altri molto debole, come nel Baltico.

Malgrado l'affluenza di acque poco salate provenienti dal Mar Nero e dal Bosforo, e la copia abbastanza grande di acque dolci che esso riceve dai fiumi delle contrade circostanti, il Mediterraneo propriamente detto dimostra nelle sue acque superficiali un peso specifico ed un grado di salsedine notabilmente più intensi di quelli delle

acque dell'Atlantico sotto la medesima latitudine. E ciò per causa della grande evaporazione, e non ostante la continua affluenza dell' acqua, meno salata, dell'Atlantico che vi penetra mediante lo Stretto di Gibilterra.

Secondo le osservazioni del dottore Carpenter, capo della spedizione scientifica della nave *Porcupine*, il peso specifico medio della sezione occidentale del Mediterraneo è 1,0274 (salsedine 37,07). Per la sezione orientale i pesi specifici sarebbero 1,028 presso la Sicilia, 1,0284 tra Malta e Creta, 1,0293 (salsedine 39,64) lungo la costa della Libia. La densità del Mediterraneo aumenta adunque da occidente ad oriente, fatto confermato eziandio dalla spedizione della nave austriaca *Pola* (estati del 1892 e del 1893). Nel Mare Ionio la salsedine varia da 38 a 38,8, lungo le coste della Siria e tra Cipro e Rodi da 39 a 39,5. Lungo la costa occidentale dell'Asia Minore si mantiene quasi sempre vicina a 39 per mille sino all'isola di Lesbos: ma più al nord diminuisce per la influenza della corrente del Ponto, che viene dallo Stretto dei Dardanelli (33 per mille tra Lemnos e Tenedos, 30 per mille nello Stretto) (1).

Nell'*Adriatico* il peso specifico aumenta da nord-ovest a sud-est, e propriamente, nella stagione d' estate, da 1,0252 (33,05 per mille) a 1,0294 (38,51 per mille): inoltre è minore lungo le coste italiane che non lungo le dalmatine.

(1) *Geographisches Jahrbuch*, vol. XVIII, pag. 199.

Ambo i fatti sono spiegati dalla maggiore evaporazione cui va soggetta la parte meridionale dell'Adriatico, e dalla grande copia di acque dolci che vi affluiscono dall'Italia settentrionale e dalla parte orientale della penisola italiana.

I molti e poderosi fiumi che tributano al *Mar Nero* rendono ragione del piccolo grado di salsedine (in media 19 per mille, e in alcuni luoghi appena 15 per mille) corrispondente al piccolo peso specifico medio di 1,0143. Già gli antichi geografi conoscevano la poca salsedine del Ponto rispetto alle altre parti del Mediterraneo, e il fatto è giustamente spiegato da Stratone, secondo che sappiamo dal Geografo di Amasià (1).

Mentre l' aperto Atlantico ha una salsedine del 35 per mille, il Mare del Nord non ne accusa che 33, e al sud dell' isola Helgoland; in vista delle foci dell'Elba e del Weser, il grado di salsedine è del 32 per mille. Nello Skager Rak si nota ancora il 30 per mille, ma al di là del Cattegat la salsedine diminuisce di molto: così essa è di 19 nel Gran Belt, di 18,5 presso l'isola di Alsen; di 17,5 nel Golfo di Eckernförd; di 16,5 nel porto di Kiel, di 13,5 presso Poel nel Meclenburgo. Anco più rapida è la progressione discendente nelle parti orientali del Baltico e nel Golfo di Botnia. Al nord dell'isola Rügen la salsedine è di 8,6; nel Golfo di Dan-

(1) Strab., *Geogr.*, lib. I, cap. III, 4. Veggansi anche Arrian, *Peripl. Pont. Eux.*, pag. 8; Valer. Flacc., *Argonautica*, IV, 721, 722.

zica è di 6, 5; all'entrata del Golfo di Botnia di 4 per mille; presso Haparanda alla foce del Torneå, di 1,5, e nel Golfo di Finlandia, presso Kronstadt, è appena dell'1 per mille (1).

Al Mar Baltico, di tutti i Mediterranei il meno salato, fa contrapposto il *Mar Rosso*, nel quale grandissima è la evaporazione, e minimo è il tributo delle acque dolci o per via di fiumi o per via di pioggie. Come nel Mediterraneo Romano il grado di salsedine aumenta da occidente ad oriente, così nel Mar Rosso da mezzodì a settentrione. Da 36,4 per mille ad Aden (sul Golfo di questo nome) esso si innalza sino a 41 ed a 43 per mille nei golfi della estremità settentrionale. In generale la salsedine è maggiore lungo le coste dell'Africa che non sul lato dell'Arabia. Salatissime sono le acque del Canale di Suez. A mezzodì della città di questo nome il grado di salsedine è del 42,42 per mille: di 43,08 alla entrata sud del Canale; di 52,20 verso il mezzo; di 41,25 alla entrata settentrionale (2).

Nel Mare Mediterraneo Australasiatico la salsedine è quasi dappertutto (nella stagione delle pioggie) inferiore a 34 per mille. Grande è la differenza tra i mari, relativamente poco salati,

---

(1) Krümmel, *Der Ozean*, pag. 97, e specialmente il lavoro eccellente dello stesso autore pubblicato nel volume 41 (1895) delle *Geogr. Mitt.* col titolo *Zur Physik der Ostsee*, pag. 81-86 e pag. 115-158.

(2) *Geographisches Jahrbuch*, vol. XXII, pag. 27.

di Bangka e di Giava, e le acque molto più salate dei bacini del Nord e del Nord-est; il dottore Schott ne deduce che questi bacini appartengono al Pacifico propriamente detto.

Il Mare Mediterraneo Americano è, nella sua maggior parte, nella zona degli alisei, a guisa dell'alto Atlantico e dell' alto Oceano Pacifico. Le sue acque hanno perciò un forte grado di salsedine. Lungo le coste la influenza delle molte acque dolci che si gettano in quel Mediterraneo è resa sensibile con una salsedine molto meno intensa.

Come già ho avuto occasione di avvertire, i mari adiacenti che dipendono dall'Oceano Pacifico, quali sono il Mar Cinese Orientale, il Mare del Giappone, il Mare di Ochotsk e quello di Bering, sono poco salati: il grado di salsedine medio vi è da 30 a 32 per mille.

Negli Oceani aperti le differenze nella salsedine cessano per la massima parte a profondità variabili da 200 a 400 metri. Al disotto di queste profondità si avverte una diminuzione di salsedine sino a 2000 metri, e quindi un nuovo aumento, dimodochè nel fondo degli Oceani aperti la salsedine è da 34, 5 a 35,5 per mille. Nei Mediterranei l'aumento della salsedine coll' aumentare della profondità pare che non soffra eccezioni. Anche nel fondo del Mare polare ad occidente delle Spitzbergen il grado di salsedine è da 35,5 a 35,9.

In nessun luogo del Baltico la salsedine è minore del 10 per mille a 30 metri di profondità;

nelle vicinanze delle Isole Danesi è da 25 a 30 per mille; nello Skagerrak è uguale alla normale (35,5), come negli Oceani aperti.

Nel Mediterraneo Romano il peso specifico aumenta pure colla profondità, per la ragione che alla superficie la evaporazione supera l'azione del calore solare che tende a diminuire il peso specifico, e ne deriva una concentrazione allo strato superficiale, di guisa che questo, come più pesante, si abbassa e spinge verso la superficie un nuovo strato, il quale a sua volta va soggetto al medesimo processo.

Nel mezzo dello Stretto di Gibilterra, secondo le osservazioni del Carpenter, il peso specifico è 1,0271 alla superficie (36,66 per mille), e di 1,0293 alla profondità di 500 metri (39,64 per mille); a nord-ovest dell'isola di Malta il peso specifico è 1,0281 alla superficie (38,02 per mille) e 1,0283 alla profondità di 3200 metri (38,29 per mille); lungo la costa libica è 1,0204 alla superficie (39,64 per mille) e 1,0302 alla profonditè di 650 metri (40,86 per mille).

Nei mari polari ad occidente della Groenlandia il peso specifico delle acque nel fondo è comunemente 1,024 (32, 1 per mille).

In piccola quantità l'acqua marina apparisce affatto incolora e altrettanto *trasparente* quanto la più limpida acqua di sorgente. Ma anche la trasparenza è variabilissima dall'un mare all'altro. Nella spedizione della nave francese *La Coquille* (anno 1822) comandata dal capitano Duperrey, si riconobbe che una tavoletta bianca immersa

nell'acqua cessava dall'essere visibile alle profondità di 18 metri presso l'isola Vaigiù (ad occidente della Nuova Guinea), di 11 m. a Porto Jackson (Australia orientale), di 10 metri presso la Nuova Zelanda, di 8 metri nelle vicinanze dell'isola dell' Ascensione. Il Bouguer, uno dei membri della Commissione incaricata dall'Accademia di Francia della misura di un arco di meridiano nelle vicinanze dell'equatore, riferisce che, durante il suo soggiorno nell'America meridionale, ebbe più volte occasione di scorgere benissimo la bianca sabbia del letto del mare profondo da 35 a 36 metri. Nel suo primo viaggio di circumnavigazione (1815-1818) l'illustre Otto di Kotzebue, valendosi di pezzi di panno rosso, avvertì in parecchi luoghi del Pacifico tropicale che essi non erano più visibili a profondità variabili da 25 a 30 metri. Però, trovandosi la nave *Rurik*, da lui comandata, alla latitudine N. di 10° e alla longitudine E. di 152°, ripetè l'esperienza con un piatto bianco, il quale non si sottrasse all'occhio che alla profondità di 50 m. L'esperienza fatta dal capitano Bérard l' anno 1845, a bordo della nave *Le Rhin* e nelle vicinanze del gruppo delle isole Ellice, diede 40 m. per la profondità alla quale cessava di essere visibile un piatto di bianca porcellana.

Il Padre Secchi ed il comandante Cialdi, a bordo della corvetta pontificia *L'Immacolata Concezione*, ripresero la esperienza del Bérard al largo di Civitavecchia, nell'aprile del 1865. E l'esperimento venne condotto in parte con piatti di

diverse dimensioni e diversamente colorati, in parte con dischi di tela da vela tesa sopra cerchi di ferro del diametro di circa 2 metri e mezzo, e colorata con pura biacca. Gli osservatori avevano cura di stare all'ombra, a fine di proteggere l'occhio contro gli effetti della luce riflessa alla superficie dell'acqua e tale da rendere quasi insensibile la luce molto più debole rimandata dall'oggetto. In fine si ebbe cura di spandere sulle acque alcun poco di olio per togliere le leggiere rughe della superficie e migliorare le condizioni di visibilità (1). Nel Golfo di Gaeta gli oggetti immersi rimasero visibili sino alla profondità di m. 41,4; in realtà i raggi solari avevano percorso nell'acqua un cammino di 86 metri, per la ragione che l'altezza del Sole era in quell'istante di 60°, e i raggi penetravano nell' acqua obliquamente e facendo colla normale un angolo eguale a quell'altezza.

Altri esperimenti furono fatti nei Mari Adriatico e Ionio nell'anno 1880, e a bordo della nave *Herta*, dai professori Wolf e Luksch dell'Accademia navale di Fiume. Grazie ad uno speciale apparecchio essi giungevano a notare il momento in cui il disco non offriva più che il decimo della intensità luminosa che esso avrebbe avuto nell'aria, e furono condotti alla formola $a = \frac{1}{d}$ nella quale a, da essi chiamato coefficiente di estinzione, fu trovato uguale a 0,00025, e d è la profondità

(1) Cialdi, *Sul moto ondoso del mare*, pag. 234 e seg.

espressa in centimetri. Da questa formola risulta, per i mari in cui vennero fatte le osservazioni, $d = 47^m,62$. Il limite massimo di visibilità di un grande disco bianco, immerso il 6 agosto del 1880 nelle vicinanze dell'isola di Zante, fu di m. 50,5. L'altezza del Sole era, nel momento della esperienza di 68°; i raggi luminosi avrebbero adunque percorso nell'acqua più di 100 metri.

Questa profondità di 100 metri si puo ritenere come la massima, alla quale possa penetrare la luce in un mare particolarmente limpido. Ben è vero che, secondo la relazione di Giacomo Wood nell'anno 1676, il fondo marino presso la Novaia Semlia si sarebbe mostrato ben visibile alla profondità di 140 metri; ma è molto probabile che si tratti di una illusione ottica più che d'altro.

L'azione chimica della luce non si arresta però a 100 metri di profondità. I fisici ginevrini Ermanno Fol e Edoardo Sarrasin, colla immersione di lastre sensibilissime preparate fotograficamente, trovarono che al largo del Capo Ferrat, presso Villafranca (Riviera di ponente) l'azione dei raggi era ancora percettibile a 380 metri, ma non più a 405 e a 420 metri. Altre osservazioni fatte dal signor Fol nelle acque tra la Corsica e la Riviera di Genova diedero per risultato, che le lastre erano ancora visibili alla profondità di 461 metri, ma cessavano dall'esserlo a 480 metri, e ciò nel caso più favorevole di una osservazione fatta il 16 luglio, con cielo perfettamente sereno e coll'altezza del Sole, sull'orizzonte, di 68° 1'.

I raggi rossi e gialli dello spettro sono presto assorbiti dall'acqua; gli azzurri ed i violetti penetrano invece molto più profondamente: questa è la ragione della colorazione azzurra o verde che presentano il mare ed i laghi, quando nulla viene a turbare in qualche modo la loro limpidezza. Di regola, negli Oceani aperti predomina il colore azzurro, e la colorazione verde è una eccezione, mentre per i fiumi e pei laghi succede precisamente il contrario. Si è cercato di spiegare questa differenza col fatto, che il colore per sè azzurro dell'acqua pura diventa, nel mare, anco più intenso per la soluzione di materie minerali, mentre nei fiumi e nei laghi l'azzurro è modificato da materie organiche.

L'azzurro delle acque marine è tanto più carico, quanto più elevata è la temperatura, e più intenso il grado di salsedine. Così, ad esempio, nelle acque della corrente del Golfo e nella calda corrente del Pacifico, che i Giapponesi chiamano col nome di Kuro-Scio (fiume nero). Nella traversata della *Gazzella* dall'isola dell'Ascensione alla imboccatura del Congo, il barone di Schleinitz ebbe a notare il cangiamento di colorazione dall'azzurro carico al verde e quindi al bruno, prodotto dalla diminuzione sensibile del grado di salsedine.

Nei mari poco profondi, superiormente ai banchi e lungo le coste, il colore delle acque riesce molto modificato da quello del fondo. Così il verde chiaro si incontra comunemente presso i banchi corallini del Pacifico, e lungo le coste sabbiose

così frequenti nelle regioni tropicali. Se il letto del mare è melmoso e nello stesso tempo è di poca profondità, la superficie appare di un colore giallo-verde; tale è il caso del Mare del Nord. Della differenza tra l'azzurro dell'Oceano ed il colore verde chiaro che distingue le acque sovrastanti a banchi ed a bassifondi tengono grande conto i naviganti, che sono così avvertiti di un pericolo vicino.

Nel Mare della Groenlandia la colorazione verde olivastra è cagionata, secondo il botanico Roberto Brown (1), da innumerabili *diatomee:* il Mar Giallo (Hoang-hai dei Cinesi) è così detto dalla enorme quantità di materie argillose giallognole (löss) che vi sono trasportate da parecchi fiumi e specialmente dall'Hoang-ho; il Mar Rosso ha mantenuto il suo nome antico (ἡ Ερυθρὴ θάλασσα = Mare Rosso); tuttavia la denominazione sua è in parte giustificata dal colore rosso sanguigno che caratterizza la sua parte meridionale ed anche alcuni punti del Mare Arabico, ed è prodotto da una quantità enorme di animaletti microscopici radunati in masse. Già nell' anno 1606 gli Olandesi Le Maire e Schouten, scopritori del Capo Hoorn, ebbero a notare in quelle parti meridionali dell'Oceano grandi striscie colorate in rosso per la presenza di innumerabili piccoli gamberi di mare. E questi producono pure il colore rosso di una parte del Golfo di California

(1) Brown, *Die Farbung des nördlichen Eismeeres*, nel volume 15° (1869) delle *Geogr. Mitt.*, pag. 21-23.

(Mar vermejo = Mare vermiglio). Altri mari sono di colore bianco lattiginoso, come ad es., il Golfo di Guinea.

Il Mar Bianco non trae il suo nome da che per una grande parte dell'anno è coperto di nevi e di ghiacci. Nè il Mar Nero dal colore delle sue acque, le quali, a questo riguardo, poco si allontanano dalla colorazione normale. Bensì il Ponto Eusino, detto nel Medio Evo il Mare maggiore, si trova indicato presso i cartografi occidentali col nome di Mar Nero solamente verso la fine del secolo XVII, come traduzione dal turco *Kara tengis* e dal russo *Scernoje More*, e ciò nel senso di *inospitale*, come già lo chiamavano gli antichi (πόντος Ἄξεινος) prima che esso fosse dischiuso al commercio delle fiorenti colonie greche dell'Asia Minore. Così pure il Mar Bianco, sulle cui rive era il convento di San Nicolao, luogo di pellegrinaggio, derivò da questa circostanza il suo nome, che altrimenti vale *rinomato*, *santo*, *perfetto* (1).

Ad una moltitudine di animali dotati del potere emettere una luce che varia nel colore e nella intensità è dovuto il fenomeno veramente meraviglioso conosciuto col nome di *fosforescenza*. Secondo l'insigne naturalista Enrico Giglioli, si distinguono tre modi di fosforescenza, i quali presentano un numero grande di varietà. Il

---

(1) V. Egli, *Nomina Geographica* agli articoli *Schwarzes Meer* e *Weisses Meer*; Krümmel, *Der Ozean*, pag. 155; Wagner, *Lehrbuch der Geographie*, I, pag. 453.

primo consiste in una luce diffusa, omogenea, lattiginosa, prodotta particolarmente da un numero incalcolabile di animalucci appartenenti all'ordine dei Mixocistidi (classe dei Flagellati, sottoregno dei Protozoi). Esso si manifesta a poca distanza dalle coste, essendochè la *Noctiluca* — chè così chiamansi quegli animaletti — non sono animali pelagici ma litorali, o più specialmente avviene quando il mare è tranquillo. Il secondo modo di fosforescenza consiste in punti luminosi scintillanti e incostanti. Esso succede tanto lungo le coste quanto in alto mare, nella zona torrida come nelle temperate, e dipende da moltissimi animali appartenenti a sottoregni, a classi, ad ordini, a generi ed a specie diverse (Protozoi, Celenterati, Molluscoidi, Crostacei, ecc.). Il terzo modo consiste in dischi luminosi subacquei con luce ordinariamente non scintillante, ed è da attribuirsi ad un numero grandissimo di *Medusoidi*.

CAPITOLO VI.

La temperatura dei mari.

Si è visto nel capitolo precedente, che i raggi solari, anche nelle circostanze più favorevoli, non penetrano nella massa liquida più di 100 metri. A cagione del debole potere conduttivo dell'acqua, è adunque probabile che, nel caso della assoluta immobilità del mare, solamente in quello strato superficiale dello spessore di 100 metri si manifesterebbero le variazioni di temperatura cagionate dal moto apparente del Sole in un piano inclinato di circa 23° $^1/_2$ rispetto a quello dell'equatore. In realtà la cosa succede diversamente, e il calore è distribuito nella massa oceanica assai più di quanto lo sarebbe nella fatta ipotesi. In primo luogo, le onde, il cui movimento è sensibile anche a profondità considerabili, mescolano senza posa le acque calde colle fredde. Secondariamente, là ove alla superficie avviene una forte evaporazione, le particelle liquide diventano più salate e perciò più pesanti, e tendono

a discendere trasportando con sè una certa quantità di calore.

Piccolissime sono le oscillazioni della temperatura alla superficie dell'Oceano, specialmente degli Oceani tropicali. Nell'Atlantico settentrionale, a mezzogiorno del parallelo 4°, le accurate osservazioni fatte a bordo del *Challenger* hanno dato appena 0°,7 C. di differenza tra la più alta e la più bassa temperatura giornaliera (1). Sui continenti l'amplitudine oscilla tra 5° e 17°: negli Oceani giunge, tutto al più, a 2°.

Un'altra differenza tra le temperature dell'aria sui mari e sulla terra ferma sta negli istanti di massima e di minima temperatura giornaliera. Dal paragone di numerosissime osservazioni il Toynbee conchiude che per l'Oceano Atlantico, tra le latitudini 0° e 10° Nord e le longitudini occidentali di 20° e 30°, la temperatura massima corrisponde, in tutti i mesi dell'anno, all'una pomeridiana, e la minima alle 4 del mattino. È noto invece che nelle masse continentali la temperatura massima cade tra le due e le tre del pomeriggio, e la minima intorno alla levata del Sole.

A spiegare le piccole variazioni della temperatura alla superficie dell'Oceano e di quella dell'aria immediatamente sovrastante valgono primieramente il grande calore specifico dell'acqua,

---

(1) La maggiore amplitudine (1°,6) accompagna comunemente il cielo sereno e la mancanza di vento: la minore (0°,4) si nota quando soffiano venti freschi ed il cielo è coperto.

il quale fa sì che l'acqua si riscalda e si raffredda molto lentamente; in secondo luogo la debole conduttibilità dell'acqua per il calore; in terzo luogo la circostanza, che durante il giorno una grande parte del calore è impiegata a produrre la evaporazione dell'acqua, e durante la notte, raffreddandosi le particelle liquide della superficie, si fanno più pesanti, discendono negli strati inferiori e sono surrogate da quelle relativamente più calde e più leggiere che salgono dal fondo.

Si è poi notato, che in generale la temperatura dell'acqua superficiale è alquanto più elevata di quella dell'aria immediatamente sovrastante. Negli Oceani aperti l'eccesso minimo si manifesta sotto le basse latitudini, ed è di 0°,8; ad alte latitudini giunge sino a 1°,6. Si osservi ancora che l' eccesso si manifesta sempre al disopra di correnti calde, ed anche al disopra di correnti fredde durante l'inverno. Ecco quali sarebbero le medie differenze in meno tra la temperatura degli infimi strati dell' aria e quella dell'acqua nelle quattro stagioni, e nei casi ora accennati di correnti calde e di correnti fredde (1).

	Inverno	Primav.	Estate	Autunno	Anno
Correnti calde .	—2°,1	—0°,9	—0°,3	—1°,7	—1°,3
Correnti fredde .	—0°,4	+0°,3	+0°,6	+0°,1	+0°,05

Anche le oscillazioni annuali della temperatura sono per la superficie dell' Oceano assai meno

(1) Supan, *Grundzüge der physischen Erdkunde*, 2ª ediz., pag. 256.

sensibili di quelle cui va soggetta la temperatura dell'aria al disopra delle masse continentali. Basta per ora questo esempio, che nell'Atlantico settentrionale ad occidente delle isole del Capo Verde la più alta temperatura nel (settembre) è di 27°, 5, e la più bassa (nel febbraio) è di 24°,8 donde la piccola amplitudine di 3°,4 (1). Ed anche sotto alte latitudini, come sarebbe lungo la via tenuta dai battelli postali, dalle isole Britanniche al Banco di Terranova, le amplitudini sono assai piccole (da 11° nel febbraio a 16° nell'agosto).

Dalle numerose osservazioni fatte sulla temperatura delle acque marine alla superficie risulta, che la temperatura minima corrisponde, per l'emisfero boreale, al mese di febbraio, e la massima all'agosto od al settembre, a seconda dei luoghi.

Dalle carte nelle quali sieno rappresentate le linee *idroisoterme*, si scorge facilmente quale intima relazione sia tra la distribuzione delle temperature e le correnti marine (2). Sono questi movimenti i regolatori del calore: alle correnti marine si deve attribuire il fatto, che sotto la linea equinoziale la metà orientale dell'Atlantico e del Pacifico ha temperature inferiori, da 2° a 4°, a quelle di bacini marittimi situati più vicini ai poli. E siccome il movimento generale delle

---

(1) Krümmel, *Der Ozean*, pag. 113.

(2) Thoulet, *Océanographie statique*, pag. 304. " La température depend surtout des courants marins; on pourrait presque dire que le phénomène est le même „.

acque è, nella zona tropicale, diretto verso occidente, così le acque calde si trovano accumulate nelle parti occidentali degli Oceani. Considerando come acque calde tropicali quelle che hanno una temperatura superiore a 24°, si vede che esse hanno nel Pacifico occidentale una estensione

di 57 gradi di latitudine nell'agosto
e di 49 gradi di latitudine nel febbraio

mentre nella parte orientale non abbracciano, e anche saltuariamente, che una estensione

di 17 gradi di latitudine nell'agosto
e di 25 gradi di latitudine nel febbraio.

Per l'Oceano Atlantico si hanno questi valori corrispondenti:

Lato occidentale —	61 gradi di latitudine nell'agosto
	56 gradi di latitudine nel febbraio
Lato orientale —	21 gradi di latitudine nell'agosto
	22 gradi di latitudine nel febbraio

Questo fatto è pure sensibile nell'Oceano Indiano, quantunque in misura assai più modesta. Nel mese di febbraio, e al sud dell'equatore, le acque tropicali si accumulano sulla costa africana.

Negli Oceani aperti pochi sono i distretti in cui la temperatura superi 30 gradi. Tra essi notiamo quello della controcorrente equatoriale del Pacifico sulla costa occidentale dell'America Centrale; alcuni piccoli spazi del Mare Arabico (nel maggio) e nel mezzo del Golfo del Bengala.

Le massime temperature assolute sono quelle

della parte nord del Golfo Persico (35°,4) e del Mar Rosso (sino a 32°).

Enorme è la grandezza della superficie oceanica occupata da acque tropicali (di temperatura superiore a 24°). Secondo il Krümmel, ecco quali sarebbero le aree di questi distretti tanto negli Oceani aperti quanto nei mari secondari.

A) *Oceani aperti.*

	Aree in ch. q.	Area calda più di 24°	
		nel febbraio	nell'agosto
Atlantico settentr.	36.610.000	10.770.000	22.320.000
Atlantico meridion.	43.110.000	14.250.000	4.670.000
Atlantico	79,720.000	25.020.000	26.990.000
Oc. Indiano settentr.	10.750.000	9.890.000	10.750.000
Oc. Indiano meridion.	62.580.000	24.270.000	14.520.000
Oceano Indiano	73.330.000	34.160.000	25.270.000
Pacifico settentrion.	90.490.000	32.460.000	48.560.000
Pacifico meridionale	70.640.000	41.370.000	22.540.000
Oceano Pacifico	161.130.000	73.830.000	71.100.000

B) *Mari secondari.*

	Aree in ch. q.	Area calda più di 24°	
		nel febbraio	nell'agosto
Mediterr. Romano	2.890.000	—	2.320.000
„ Americano	4.590.000	3.820.000	4.590.000
„ Australasiatico	8.240.000	7.730.000	8.240.000
Mar Rosso	450.000	220.000	450.000
Golfo Persico	240.000	—	240.000
Mare delle Andamane	780.000	780.000	780.000
Mar Cinese orientale	1.230.000	—	1.120.000
Mare del Giappone	1.040.000	—	720.000
Golfo di California	170.000	—	170.000

Da questi quadri si trae che il 40 % (quasi esattamente) della intiera superficie oceanica ha una temperatura superiore a 24°. Nel febbraio si hanno difatti 145.560.000 chilometri quadrati (= 39,6 % di 368.000.000 chilom. quadr., area data dal Krümmel all'Oceano) e nell' agosto 141.990.000 ch. q. (= 38,6 %).

Dalle carte delle linee isotermiche pubblicate dall'insigne oceanografo (1) si è condotti, per i due emisferi boreale ed australe ai dati seguenti:

Mari	Aree in ch. q. (2)	Aree più calde di 24° nel febbraio	Aree più calde di 24° nell'agosto
dell'Emisfero boreale	172.000.000	61.950.000	96.540.000
dell'Emisfero australe	196.000.000	83.610.000	45.450.000

Da questo quadro chiaramente appare la influenza esercitata dalle grandi masse continentali dell' emisfero boreale. Nell'inverno settentrionale (febbraio) le acque calde più di 24° rappresentano il 36 % dell' area oceanica dell'emisfero nord $\left(\frac{36 \times 172}{100} = 61,92\right)$, e nella state settentrionale il 56 % $\left(\frac{56 \times 172}{100} = 96,32\right)$.

Dei mari meridionali invece, nella state (febbraio) si ha soltanto il 42, 6 % $\left(\frac{42,6 \times 196}{100} =\right.$

(1) Krümmel, *Die Temperaturverteilung in den Ozeanen* nel periodico *Zeitschrift für wissenschaftliche Geographie*, vol. 6° (1887), pag. 30-41 con due carte.

(2) Ricordo che il Krümmel dà all'Oceano l'area di 367.980.000 chilometri quadrati. V. pag. 108.

83,49), e nell'inverno (agosto) solamente il 23,2 % $\left(\frac{23,2 \times 196}{100} = 45,472\right)$.

Un altro fatto importante, del quale possiamo renderci edotti coll'esame delle carte delle linee idroisoterme nel febbraio e nell'agosto, sta in ciò, che nell'agosto gli spazi dell'Oceano, la cui temperatura è superiore a 24°, si avanzano maggiormente nell'emisfero boreale, mentre nel febbraio si spingono maggiormente nell'emisfero australe. Da ciò ne consegue, che nell' agosto, cioè nella state per i paesi al nord dell'equatore, tanto nell'Atlantico quanto nel Pacifico, sono precisamente gli spazi oceanici vicini all' equatore quelli che non raggiungono, qua e là, la temperatura di 24°. In altre parole, non è punto nella zona tropicale che si succedono, senza interruzione, gli spazi aventi temperatura maggiore di 24°.

Ritornando ora all'ultimo dei quadri precedenti, possiamo valercene per calcolare l'area dei distretti oceanici, la cui temperatura non è *mai* inferiore a 24°. Evidentemente basta sommare le aree degli spazi oceanici nell'uno e nell'altro emisfero, i quali hanno temperature maggiori di 24° anche nella stagione più fredda (febbraio per l' emisfero nord, agosto per l'emisfero sud). Quell'area risulta così = 61.950.000 + 45.450.000 chil. quadr. = 107.400.000 chilometri quadrati ed equivale a più del 29 % dell'area totale dell'Oceano (29 × 368 : 100 = 106,72).

Di contro a questo minimo valore, l'area com-

plessiva dei distretti oceanici che nel corso dell'anno sono di tempo in tempo più caldi di 24° risulta dalla somma delle aree corrispondenti ai mesi più caldi (agosto-febbraio). Essa è adunque di chilometri quadrati 180.150.000 (= 96.540,000 + 83.650.000), cioè equivalente al 48,9 % di tutta l'area oceanica (48,9 × 368 : 100 = 179,952), e superiore di circa 40 milioni di chil. quadr. all'area delle parti emerse della litosfera.

L'area oceanica, la cui temperatura *media annuale* supera 24°, è data approssimativamente per ciascun emisfero, dalla media delle due aree corrispondenti ai mesi di febbraio e di agosto. Si ha pertanto:

Per l'emisfero N.	. circa	80.000.000	ch. q.	= 47 %
Per l'emisfero S.	. „	65.000,000	„	= 33 %
Per la Terra intiera	„	145.000.000	„	= 39 %

Dal che si vede che all'incirca i $\frac{2}{5}$ (40 %) della intiera superficie della idrosfera hanno una temperatura media annuale superiore a 24°.

A cagione della influenza che la temperatura di 20° ha sulla distribuzione e sulla diffusione di un gran numero di organismi, è importante conoscere le aree degli spazi oceanici la cui temperatura è superiore a 20 gradi durante una parte dell'anno. La determinazione planimetrica conduce ai risultamenti che seguono:

A) *Oceani aperti.*

	Temperatura > 20° nel febbraio	nell'agosto
Atlantico settentrionale . .	18.690.000	27.610.000
Atlantico meridionale . . .	22.030.000	12.020.000
Oceano Atlantico . . .	40.720.000	39.630.000
Oceano Indiano settentrion.	10.750.000	10.750.000
Oceano Indiano meridionale	33.660.000	22.430.000
Oceano Indiano	44.410.000	33.180.000
Oceano Pacifico settentrion.	46.030.000	58.540.000
Oceano Pacifico meridionale	56,600.000	38.470.000
Oceano Pacifico	102.630.00	97.010.000

B) *Mari secondari.*

	Temperatura > 20° nel febbraio	nell'agosto
Mediterraneo Romano . . .	—	2.500.000
Mediterraneo Americano . .	440.000	4.590.000
Mediterraneo Australasiatico	8.130.000	8.250.000
Mar Rosso	400.000	450.000
Golfo Persico	100.000	240.000
Mare delle Andamane . . .	780.000	780.000
Mar Cinese orientale . . .	240.000	1.230.000
Mare del Giappone	—	730.000
Golfo di California	100.000	170.000

Rispetto ai due emisferi boreale ed australe, ecco quali sarebbero le aree degli spazi oceanici che si trovano nelle condizioni termometriche di cui nei due quadri precedenti:

	Febbraio		Agosto	
	Area in ch. q.	°/₀ dell'area	Area in ch. q.	°/₀ dell'area
Emisfero N. . .	81.940.000	47,6	112.120.000	65,2
Emisfero S. . .	116.010.000	59,2	76.640.000	39,1
Nella intiera Terra	197.950.000	53,7	188.760.000	51,3

	Media temp. annuale approssimativa	
	Area in ch. q.	°/₀ dell'area
Emisfero N. . . .	circa 97.000.000	56
Emisfero S. . . .	circa 96.000.000	49
Nella intiera Terra .	circa 190.000.000	52

Più della metà della intiera superficie oceanica è adunque soggetta ad una temperatura maggiore di 20°. Inoltre il 43,18 per cento di essa superficie non ha mai temperature inferiori a 20°, e di tempo in tempo, anzi periodicamente, l'area degli spazi oceanici aventi temperature maggiori di 20° giunge al 62,2 °/₀. Queste cifre dimostrano chiaramente quale enorme focolare di aria calda ed umida sia nei mari tropicali e subtropicali, e quale influenza questi abbiano nella meteorologia generale.

La spiegazione del fatto, che l'area degli spazi oceanici nell'emisfero nord aventi una media temperatura annuale di 20° supera di 5 milioni di chilometri quadrati quella dell'emisfero sud che si trova nelle stesse condizioni, è, in parte, spiegato da che i tre Oceani aperti sono in diretta e larghissima comunicazione col bacino antartico, mentre verso settentrione gli accessi al mare polare sono di gran lunga più ristretti. Le parti boreali dell'Atlantico e del Pacifico sono protette

contro le acque gelate del nord dall'avvicinamento dei continenti americano ed asiatico e dalla poca larghezza del Canale di Bering; nel medesimo modo si comporta la presenza di una soglia sottomarina, quale è per l'appunto quella che unisce il nord della Gran Bretagna, le Shetland, le Färöer e l'Islanda (1). Aggiungiamo che, molto probabilmente, nella aperta comunicazione dei tre Oceani aperti col Mar polare antartico sta la ragione della temperatura abbastanza moderata di quegli Oceani al nord del parallelo 30° australe (2).

Nelle medie ed alte latitudini degli Oceani Atlantico e Pacifico le linee idroisoterme si avvicinano di molto le une alle altre là ove dominano le grandi correnti dirette verso settentrione, quali sono la Corrente del Golfo ed il Kuro Scio: di mano in mano che procedono verso oriente, esse si allontanano sempre più. Facilmente si riconosce che lungo le coste orientali dell'Asia e dell'America settentrionale sono le correnti polari fredde che disputano il posto a quelle acque relativamente calde: la isoterma di 4° (nel febbraio) si sviluppa dal lembo meridionale del Banco di Terranuova (lat. N. = 49°) sino alla latitudine di 70° nelle vicinanze delle isole Lofoten (3). E, in generale, si può asserire che ad alte latitudini le linee idroisotermiche sono anco

---

(1) Thoulet, *Océanographie statique*, pag. 304.
(2) Supan, *Grundzüge der physischen Erdkunde*, pag. 257.
(3) Wagner, *Lehrbuch der Geographie*, vol. I, pag. 457.

più irregolari delle isotermiche propriamente dette riferentisi alla temperatura dell'aria sulla superficie della terraferma.

Nei mari polari le temperature medie oscillano tra 0 e 2°; ma durante le lunghe estati e là ove penetrano sorgenti calde, la temperatura è notabilmente più elevata. Il maximum della temperatura media negli Oceani aperti si può ammettere di 29°.

Le medie temperature nei mesi di febbraio e di agosto ci danno le oscillazioni annuali della temperatura alla superficie del mare, o, altrimenti, le *amplitudini*. Se si immaginano uniti con linee continue i punti della superficie dell'Oceano che hanno le medesime amplitudini, si avrà, a guisa delle isotermiche, delle isobate, delle isoanomale, ecc., un sistema di linee, che è quello delle linee *isoamplitudinali*. Un dotto lavoro pubblicato nel 1895 dal Dottor Gerardo Schott (1) è accompagnato da una carta, nella quale sono appunto rappresentate queste linee isoamplitudinali, da 0 sino al di là di 20°. Dall'esame di questo disegno si vede, innanzi tutto, che il valore dell'amplitudine non dipende direttamente dalla latitudine. Piccolissime amplitudini si avvertono nei mari equatoriali, ma qua e là sono abbastanza notabili (7°, ad es., ad occidente del Capo Verde e del Capo Parina): lo stesso dicasi delle medie e delle alte latitudini. In secondo luogo, astrazione fatta da alcuni mediterranei e dai

(1) Schott, *Die jährliche Temperaturschwankung des Ozeanwassers* in *Geog. Mitt.*, 1895, pag. 153-159.

mari soggetti a grandi influenze continentali, quali sarebbero i mari adiacenti dell'Asia orientale, il valore minimo dell'amplitudine è tra 0 e 1°, quello massimo è all'incirca di 12°. In terzo luogo, è di regola generale che in tutti gli Oceani aperti, senza eccezione, il valore minimo dell'amplitudine corrisponde alle regioni equatoriali; che di là le amplitudini aumentano, in ambo gli emisferi, sino alla latitudine di 30°-40°, per diminuire poi nuovamente nella direzione dei poli.

Le regioni di massima amplitudine sono le cosidette *latitudini del cavallo* (horse latitudes), cioè le zone subtropicali di alta pressione (1). Queste massime amplitudini sono maggiori nell'emisfero settentrionale che nel meridionale. Nei dintorni delle Azore il valore dell'amplitudine è da 8° a 9°; nel Pacifico Settentrionale tocca 12°; al sud dell'equatore è comunemente inferiore a 8° ed, in alcuni luoghi, a 7°.

Da queste medie latitudini avanzando verso l'equatore e verso i poli, aumentano lo stato nuvoloso del cielo e la velocità dei venti, e così diminuisce l'oscillazione annua nella temperatura: inoltre, siccome nella zona tropicale le altezze del Sole sull'orizzonte sono assai piccole, si intende bene che la diminuzione nelle amplitudini debbe essere più rapida e più forte verso l'equatore, che non verso i poli (2).

---

(1) Sul perchè del nome di *latitudini del cavallo*, vedi Maury, *Geografia fisica del mare*, pag. 305.

(2) Schott, lav. cit., pag. 155.

Piccolissimo è il distretto dell'Atlantico nel quale l'amplitudine non giunge ad 1°; molto estesi invece i distretti del Pacifico e dell'Oceano Indiano, nei quali si verifica il medesimo fatto. Nell'Atlantico corrisponde al luogo in cui incomincia la cosidetta *Corrente della Guinea:* nell'Oceano Indiano alla controcorrente equatoriale, e nel Pacifico alle correnti della sezione occidentale prodotte dai monsoni.

Rispetto alle alte latitudini, notiamo la piccola amplitudine di 2° presso il Capo Hoorn e il gruppo delle Kerguelen, nel mare ad occidente delle Spitzbergen quasi a mezzo cammino tra questo gruppo e la Groenlandia. Nell'Atlantico Settentrionale l'amplitudine è da 4° a 5° esternamente ai campi delle grandi correnti; nel Pacifico Settentrionale raggiunge il valore di 8° e più. Come per altri rapporti, così anche per quello delle amplitudini, l'Oceano Pacifico è, tra gli Oceani aperti, quello che ha il massimo carattere continentale.

Nei mari secondari, ed anche nelle acque costiere che si trovano nel dominio dei monsoni, le amplitudini sono assai maggiori che non quelle degli Oceani aperti. Nel Mediterraneo Romano oscillano da 10° a 14°; questo valore massimo corrisponde alla parte nord dell'Adriatico e al Mare della Siria. Nel Mar Nero i valori estremi dell'amplitudine sono 15° e 20° (nella parte più settentrionale, dal delta del Danubio alla penisola di Crimea). Nel Mar Rosso si notano amplitudini di 13°, nella parte meridionale del Baltico esse

giungono sino a 17°. Grandi sono le amplitudini del Golfo di Pescili (Pe-tsi-li), del mare del Giappone e del mare di Ochotsk; i loro massimi sono rispettivamente di 23°, 20° e 15°.

Vengo ora alla distribuzione della temperatura nel senso *verticale*, intorno alla quale le spedizioni scientifiche moderne, inaugurate da quelle del *Lightning* (1868) e del *Porcupine* (1869-1870), radunarono un copiosissimo materiale di osservazioni, e tale da modificare essenzialmente le opinioni che ancora nella prima metà del secolo 19° si avevano rispetto alla distribuzione generale delle temperature oceaniche. Già nell'anno 1750 il celebre Buffon asseriva, che negli strati profondi dell'Oceano le temperature dovevano essere molto basse, e lo asseriva dietro la relazione del Boyle, che in un viaggio alle Indie Orientali essendosi scandagliato il mare sino alla profondità di 700 metri, si era osservato che il piombino della sagola, pesante 35 libbre, si era raffreddato a guisa di un pezzo di ghiaccio. E il sommo naturalista aggiunge, a questo proposito: " I naviganti, quando vogliono rinfrescare il loro " vino, usano, come è noto, di immergere i fiaschi " nel mare sino alla profondità di molte braccia; " e quanto maggiore è la profondità, tanto più " fresco ne ritraggono il vino „. I primi tentativi per determinare la temperatura negli strati profondi si debbono al capitano Ellis in un viaggio alla costa nord-ovest dell'Africa (anno 1749). Egli fece uso di uno strumento inventato dal dottore Hales, e consistente in una bottiglia me-

tallica contenente un termometro, e costrutta in modo che nella discesa si riempiva di acqua, e si chiudeva automaticamente non appena la si faceva salire. L'esperienza venne fatta nel medesimo luogo (25° 13′ lat. N.; 25° 12′ long. O.) a due profondità diverse (1170 e 1630 m.); la temperatura determinata fu, nell'un caso e nell'altro, di 53° F. (= 11°,7 C.). Giovanni Reinoldo Forster, compagno di Giacomo Cook nel suo secondo viaggio, valendosi pure dello strumento inventato dall'Hales, si occupò della medesima ricerca, ma i suoi scandagli non furono condotti al di là di 100 braccia di profondità (m. 183). Nell'anno 1773 il dottore Irving, compagno del capitano Phipps nella sua navigazione polare, misurò 9 volte, dal Mare del Nord alle Spitzbergen, le temperature del mare a profondità variabili da 192 a 4098 piedi inglesi (da 58 a 1235 m.); dalle osservazioni si dedusse che nelle zone temperate la temperatura diminuisce coll'aumentare della profondità. Nell'anno 1780 cadono le ricerche del De Saussure fatte nel Mediterraneo presso Genova e Nizza, alle profondità di 285 e 578 metri; la temperatura fu, nei due casi, di 10°,5 R. (13°,1 C.) (1).

Durante il viaggio di circumnavigazione del capitano Krusenstern (1803-1806), il dott. Giu-

(1) *Voyage dans les Alpes*, III, pag. 153 e 196. Il celebre fisico si servì, in queste sue osservazioni, di un termometro R. a grande bulbo coperto da uno strato di cera, resina ed olio dello spessore di 3 pollici (mm. 75).

seppe Horner fece non meno di 30 osservazioni con un termometro a massimo ed a minimo di Six: dai risultamenti ottenuti egli credette di poter dedurre, che il mare dovesse avere, in certi strati profondi, una temperatura invariabile; così sarebbe dell'Atlantico (30° lat. N.) alla profondità di 110 braccia (201 m.), con una temperatura di 13°,5 R., e del Mare di Ochotsk alla profondità di sole 25 braccia (circa 46 metri), con una temperatura di 1°,5 R. Importanti osservazioni furono pure fatte dallo Scoresby nei suoi viaggi nei mari delle Spitzbergen (1810-1822): il grande navigatore trovò che nei mari polari la temperatura aumenta dalla superficie al fondo regolarmente, ma con lentezza. Giovanni Ross nella sua campagna artica dell'anno 1818 inaugura, nella Baia di Baffin, la serie delle osservazioni fatte con termometri a massimo ed a minimo difesi contro la pressione dell'acqua; ed è condotto al risultato, per vero in allora stupefacente, che alla profondità di 1240 metri la temperatura era di — 3°,5 C. E dico stupefacente, perchè in allora era opinione quasi generale presso i teorici, che l'acqua marina a temperatura così bassa non potesse dimorare al fondo, bensì fosse costretta a salire, giacchè, a guisa dell'acqua dolce, così pure per l'acqua del mare la massima densità si riteneva essere alla temperatura di + 4° C. Di speciale importanza furono le osservazioni fatte dal dottore Lenz nel secondo viaggio di circumnavigazione del Kotzebue (1823-26). Da esse risulta, che dal paral-

lelo 45° boreale all'equatore la temperatura dell' Oceano diminuisce costantemente sino alla profondità di 1000 braccia (m. 1830), da principio rapidamente, in seguito con lentezza, e infine quasi insensibilmente. Tanto nell'Atlantico tropicale quanto nel Pacifico tropicale, a profondità di 1800 metri e più, furono misurate temperature da 2° a 2°,5 C. Ma a queste osservazioni del Lenz e alle altre fatte più tardi (1836-39) dal Du Petit Thouars, tra cui quella della temperatura di 1°,6 nel Pacifico equatoriale ed alla profondità di 3700 metri, non si pose grande attenzione, quantunque già nel 1819 il Marcet avesse dimostrato che l'acqua di mare non gela che alla temperatura di 28° F. (— 2°,2 C.) e che il maximum della densità, anzichè a + 4° C., corrisponde a 22° F. (— 5°,6 C.), il che venne poi confermato dall'Ermann (1829) e dal Desprètz (1837). E non vi si era posto attenzione specialmente perchè le osservazioni del Dumont d'Urville (1826-29), del Wilkes (1839-42) e di Giacomo Clarke Ross (1839-43) parevano dimostrare che in ogni dove, sia nelle regioni equatoriali, sia nelle latitudini polari, la temperatura a grandi profondità era pressochè uniforme ed uguale a circa 4° C. Dal che si credeva di poter dedurre che, tanto nel mare quanto nei laghi di acqua dolce, la temperatura dovesse, a partire da una certa profondità, mantenersi uniforme ed uguale alla temperatura corrispondente alla massima densità dell'acqua pura. Perciò nei mari polari la temperatura doveva aumentare colla profondità, e sotto più

basse latitudini diminuire colla profondità sino a quella temperatura costante di 4° C.: ma, tra i paralleli 50° e 60°, tanto nell'uno quanto nell'altro emisfero, lo strato *omotermico* (ὁμός, simile, uguale) giungeva alla superficie stessa dell'Oceano, separando l'uno dall'altro i due altri bacini. Fu questo il concetto che prevalse generalmente per più di trent'anni, malgrado il parere contrario di un Alessandro di Humboldt (1), e i risultamenti di altre osservazioni posteriori a quelle del Kotzebue e del Du Petit-Thouars (2).

La cagione della discrepanza nei risultamenti ottenuti nelle diverse spedizioni testè ricordate consiste essenzialmente nelle gravi difficoltà che

---

(1) *Cosmos*, vol. I, pag. 253-54 della traduzione francese del Faye: " Comme l'eau douce et l'eau salée n'atteignent point leur maximum de densité à la même temperature, et comme la salure des mers abaisse le degré thermométrique correspondant à ce maximum, on comprendra que l'eau puisée dans la mer à de grandes profondeurs, pendant les voyages de Kotzebue et de Du Petit Thouars, n'ait accusé au thermomètre que 2°,8 e 2°,5. Cette température presque glaciale regne même dans les abîmes des mers des tropiques: elle a fait connaître les courants inférieurs qui le dirigent des deux pôles vers l'équateur ".

(2) Nel 1847 il luogotenente Lee, della marina degli Stati Uniti, trovandosi a 35° 26′ lat. N. e a 73° 21′ long. O., e così nel pieno dominio della Corrente del Golfo, aveva trovato, a 1000 braccia di profondità (1830 m.), la bassa temperatura di 2°,7 C.: e l'ufficiale inglese Dayman, a 51° lat. N. e 30° long. O. aveva, alla stessa profondità, trovato la temperatura di 0°,4 C. Vedi Peschel, *Geschichte der Erdkunde*, edizione 2ª per cura del dottore Sophus Ruge, pag. 741 nella nota 2.

si incontrano quando si voglia determinare la temperatura negli strati profondi, difficoltà che solamente nella seconda metà del secolo 19° si pervenne a vincere con pieno successo, mediante termometri che possono sopportare la enorme pressione dell'acqua (già di 4000 atmosfere alla profondità di 2000 braccia o 3700 m.). Se questa condizione non è soddisfatta, le indicazioni dei termometri che sfuggono alla rottura risultano affatto erronee. Il vetro compresso si sforma, l'interno del serbatoio e del tubo capillare diminuisce di volume, ed il termometro viene così ad indicare temperature più alte delle vere. Questa differenza tra la temperatura indicata dal termometro e la reale aumenta evidentemente coll'aumentare della profondità; essa può, a 2000 braccia, superare 5° (1).

(1) Un termometro comune, indifeso, ma di pareti abbastanza robuste per poter resistere ad alte pressioni, il quale accusi alla profondità di 400 braccia (circa 730 m.) la temperatura da 37° a 40° F. (da 2°,77 a 4°,44 C.), darebbe una temperatura costante anche se affondato sino a 2000 braccia (circa 3700 m.) quantunque la temperatura discenda in realtà, gradatamente, sino a 32° F.: l'aumento della pressione compensa precisamente la diminuzione del calore. Così si spiegano i risultamenti ottenuti dal Dumont d'Urville, dal Wilkes e da Giacomo Ross. Da tali errori erano naturalmente esenti le osservazioni del Lenz, perchè questi misurava la temperatura non appena l'acqua era portata su dal fondo. A sua volta il Du Petit-Thouars faceva già uso di termometri ben difesi contro la pressione. V. Hann nel primo volume dell'opera *Unser Wissen von der Erde*, pag. 192 nella nota 2.

Senza entrare nella descrizione dei principali apparecchi ora usati per la determinazione delle temperature a grandi profondità, mi limito semplicemente a notare che, per difendere il termometro dalla pressione, lo si circonda di un involucro di vetro, in modo però da lasciare uno spazio libero che si riempie di una miscela di alcool, di creosoto e di acqua. Per tal maniera la pressione esercitata sull'involucro esterno non agisce per nulla sul vero termometro.

Nelle grandi spedizioni del *Challenger* e della *Gazzella*, ed in quella, più modesta ma sommamente proficua, del *Washington* diretta dal comandante Magnaghi, le osservazioni furono eseguite col termometro indicatore che dal nome degli inventori è detto *termometro Miller-Casella*. Questo strumento ha però l'inconveniente di essere un termometro a massimo ed a minimo, vale a dire si limita ad indicare la temperatura più alta e la temperatura più bassa degli strati incontrati nella discesa, e non già il grado termometrico di quello in cui lo strumento è arrestato. Ora, non di rado si è avvertita, a diverse profondità, la presenza di strati caldi compresi tra due strati di più bassa temperatura. Si aggiunga che i termometri di questo sistema debbono essere tenuti immobili da 8 a 12 minuti perchè possano mettersi in equilibrio di temperatnra. E infine, il termometro Miller-Casella non sempre si è dimostrato capace di resistere alla enorme pressione che si manifesta alla profondità di 8000 metri.

Questi difetti non si lamentano nel termometro *a rovesciamento*, detto, dal nome degli inventori, termometro *Negretti-Zambra*. Primieramente esso dà la temperatura dell'acqua alla profondità in cui si trova, e ciò grazie ad un rovesciamento che si effettua a volontà dell'osservatore e che rompe, in un punto fisso, la colonna di mercurio nella condizione di dilatazione in cui esso si trova nell'istante del rovesciamento (1). La colonna di mercurio così isolato, essendo uguale a quella che in quell'istante sorpassava il serbatoio del termometro, conduce, misurata, alla conoscenza della temperatura. Quanto più elevata è quest'ultima, tanto maggiore è il filo di mercurio che viene isolato nell'istante del rovesciamento. In secondo luogo, 3 soli minuti bastano perchè i termometri di questo sistema si dispongano alla temperatura dell'ambiente. In fine il termometro Negretti-Zambra resiste alle grandi pressioni assai meglio del termometro Miller-Casella. Tuttavia non pochi meteorologi si dimostrano, per il termometro Negretti-Zambra, poco favorevoli. Una serie di esperienze fatte dal Wild ebbe a dimostrare che le indicazioni date da questi termometri sono false nella proporzione del 5 per cento. Sfavorevoli sono pure i giudizi dati dalla spedizione austriaca incaricata nel 1890

---

(1) Sulla ingegnosa disposizione immaginata dal comandante Magnaghi per il rovesciamento dell'apparecchio a volontà dell'operatore, veggasi Thoulet, *Océanographie statique*, pag. 289-90.

dello studio del Mediterraneo a grandi profondità (1), e del dottore Gerardo Schott membro della spedizione tedesca del *Valdivia* (1898-99), nella prima parte della sua relazione; ma in un altro luogo, l'egregio oceanografo esprime un parere affatto contrario (2).

Prima di esporre i grandi risultamenti ottenuti intorno alla distribuzione della temperatura nei diversi strati della massa oceanica, sono necessarie alcune considerazioni sulla influenza esercitata dalla salsedine marina.

Coll'aumentare del grado di salsedine si abbassa la temperatura del punto di congelazione e quella della massima densità, sì come appare dal seguente prospetto (3):

Salsedine (per mille) .	0	10	20	30
Punto di congelazione	0°	— 0°,8	— 1°,	— 2°,3
Massimo della densità	+ 4°	+ 2°	— 0°,5	— 4°

(1) *Geographisches Jahrbuch*, vol. XV, pag. 6.

(2) Trattando degli apparecchi destinati alla spedizione del Valdivia, lo Schott (dopo aver parlato del termometro a massimo ed a minimo) dice: " Die Kipp-Thermometer nach der Negretti-Zambra'schen Konstruktion in Magnaghi'schem Rahmen; mit ihnen kann der Berichterstatter nach den bisherigen Erfahrungen sich nicht zufrieden erklären ". (*Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin*, vol. 34, pag. 141). Ma, più sotto, ritornando sul medesimo argomento, così si esprime: " Die für das Messen von Tiefen-Temperaturen beschafften Thermometer haben sich inzwischen *gut* bewährt; es wird dies ausdrüclick betont, weil der Berichstatter in seinem ersten Bericht über die Negretti-Zambra'schen Umkehr-Thermometer zu klagen hatte ". (*Ibid.*, pag. 158).

(3) Karstens, *Gazellewerk*, II, pag. 53.

Per tale ragione varia necessariamente il valore minimo della temperatura negli strati profondi. Questa minima temperatura non può, nei laghi di acqua dolce, essere inferiore a + 4° C. Valga il seguente esempio della distribuzione della temperatura nel lago di Zurigo, secondo le osservazioni fatte dall'illustre Forel il 25 gennaio 1880 (1):

Profondità in m. .	0	20	40	60	80	100	120	133
Temperature . . .	0°,2	2°	3°,5	3°,7	3°,8	3°,9	4°	4°

Se invece il grado di salsedine è del 10 per mille, la temperatura minima negli strati profondi è + 2°; al grado di salsedine = 20 (per mille) corrisponde la temperatura di — 0°,5; al grado di salsedine = 30 la temperatura di — 4°, nella ipotesi, ben inteso, che le condizioni climatiche permettano queste basse temperature. E quando il grado termometrico corrispondente alla massima densità è inferiore al punto di congelazione — e ciò, come si scorge dal primo dei quadri precedenti, già succede col grado di salsedine = 30 (per mille) — il limite inferiore della temperatura negli strati profondi non dipende che dal punto di congelazione. Lo strato di ghiaccio che copre lo specchio dei mari polari, difende, perchè cattivo conduttore, gli strati profondi da un raffreddamento più intenso, e

(1) Sopra questo argomento veggasi il recentissimo lavoro pubblicato dal Forel col titolo *Handbuch der Seenkunde*, pag. 113 e segg.

perciò l' acqua del fondo di quei mari non può avere temperature più basse da — 2° a — 3° (1).

Nei laghi di acqua dolce il trasporto delle acque dalla superficie agli strati profondi non è dovuto che al raffreddamento. Nelle acque salate si aggiunge il riscaldamento, e la ragione ne è facile. Riscaldandosi le acque superficiali, succede un'attiva evaporazione; aumenta così il grado di salsedine e le acque, facendosi più pesanti, discendono. La importanza di questa differenza essenziale nel modo di comportarsi delle acque dolci e delle acque salate è chiaramente dimostrata dal paragone tra il Mediterraneo e qualunque dei nostri laghi dell'Italia settentrionale. In questi laghi, ad una profondità superiore a 150 metri, è dappertutto una temperatura da 4°,6 a 6°: nel Mediterraneo, anche nei luoghi più profondi, si ha ancora una temperatura di 13°. Nella più volte ricordata spedizione della nave austriaca *Pola* furono trovate le seguenti temperature nel senso lungo la linea da Corfù a Benghasi (porto della Tripolitania sulla riva orientale del Golfo di Sydra):

Profond.	0	10	50	100	500	Fondo (sino a 3700 m.)
Temper.	24°,8	23°,8	18°	15°,5	14°,1	da 13°,4 a 13°,7

A 4400 metri di profondità — la massima sin qui conosciuta in tutto il bacino del Mediterraneo — la temperatura è di 13°,5 (secondo le osservazioni fatte nel corso della medesima spedizione) (2).

---

(1) SUPAN, *Op. cit.*, pag. 260.
(2) V. più sotto, a pag. 215.

Negli Oceani aperti, astrazione fatta dalle parti vicine ai circoli polari, la temperatura decresce dalla superficie al fondo, ma non regolarmente. Sino alla profondità da 200 a 400 metri l'abbassamento della temperatura è rapido: assai più lento, ma però ancora in una proporzione che varia da 0°,5 a 1° per ogni cento metri di aumento nella profondità, è l'abbassamento della temperatura da 200 o 400 metri sino a circa 1000 metri: al disotto di questo strato profondo 1000 metri la temperatura diminuisce sino al fondo in modo quasi insensibile, appena di $\frac{1}{10}$ di grado per ogni 100 metri.

La diminuzione della temperatura dalla superficie al fondo si manifesta nello stesso modo sotto diverse latitudini. Nella parte equatoriale dell'Atlantico e del Pacifico l'abbassamento della temperatura dalla superficie a 200 metri è da 6° a 8° (a seconda delle stagioni) e, per i primi 500 metri, è di 18°. Verso il 40° parallelo le diminuzioni respettive sono di 5° e di 9° (1). Alla stessa profondità di 500 metri si ha adunque per i bacini temperati dei due Oceani una diminuzione di temperatura appena uguale alla metà di quella che corrisponde alle parti tropicali. Anco minore è la diminuzione della temperatura in senso verticale nei mari situati a più alte latitudini. Secondo le osservazioni fatte dalla spe-

(1) Riferite alla temperatura superficiale che alla latitudine di 40° è, in media, poco diversa da 17 gradi.

dizione del *Challenger*, la diminuzione sarebbe appena di 2° per i primi 200 metri nell'Oceano Indiano (lat. S. = 46°; long. E. = 48° 20′), cioè da 5° (temperatura alla superficie) a 3° (temperatura alla profondità di 200 m.); da 200 a 500 metri la diminuzione giunge a 1° 20′.

Siccome l'Oceano (esclusi i mari secondari, ma compreso il Mar glaciale artico) si estende in tutte le zone climatiche, e le sue diverse parti sono tra loro in più o meno libera comunicazione, così le temperature alla superficie oscillano tra 30° (in alcune poche parti dell'Oceano tropicale) e — 3° (nei mari polari): per contro la temperatura delle acque profonde è quasi dappertutto la stessa, oscillando soltanto tra + 2° e — 2°,5.

Oceano Atlantico (Fig. 2). — Al disotto degli strati superiori (della potenza da 100 a 160 metri) direttamente influenzati dai raggi del Sole, tutta la massa liquida dell'Atlantico settentrionale, sino alla profondità di 1500 braccia (2750 m.), supera nella temperatura l'Atlantico meridionale ad uguale profondità e ad uguale latitudine, come pure tutte le acque equatoriali alla medesima profondità. Ciò è reso sensibile dal seguente prospetto:

A) *Oceano Atlantico.*

Profondità in m.	183	366	549	914	1829	2743
40°-20° lat. N.	16°,9	14°,5	12°,7	7°,7	3°,6	2°,5
20°-0° lat. N.	14°,1	10°,3	7°,2	4°,9	3°,3	2°,6
0-20° lat. S.	13°,2	9°,2	6°,5	4°,3	3°,4	2°,6
20-40° lat. S.	14°,1	10°,8	6°,8	3°,6	2°,6	2°,2

B) *Oceano Pacifico.*

Profondità in m.	183	366	549	914	1829	2743
40°-20° N.	13°,9	9°,8	6°,2	3°,8	1°,9	1°,4
20°-0 "	17°,3	9°,6	7°,4	4°,8	2°,3	1°,4
0-20° S.	21°,2	11°,5	7°,4	4°,4	2°,3	1°,5
20°-40 "	16°,5	12°,4	8°,4	5°,6	2°,0	1°,5

C) *Oceano Indiano.*

Profondità in m.	183	366	549	914	1829	2743
10°-20° S.	18°,2	12°,2	8°,2	5°,2	—	—
20°-40 "	15°,0	10°,8	9°,4	5°,8	—	—

La zona atlantica settentrionale, tra i paralleli 30° e 40°, è la parte più calda di tutto l'Oceano
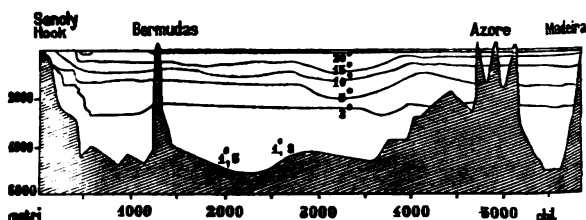
Fig. 2.

mondiale. Sino a 500 metri di profondità, e con una base superficiale di ben 4 milioni di chilometri quadrati, è uno strato, la cui media temperatura è superiore a 15 gradi e mezzo. Colà si svolge nella generale direzione del Nord-est il potente fiume oceanico di acqua calda conosciuto col nome di *Corrente del Golfo.*

Tra i paralleli boreali 20° e 40°, e al disopra di 900 metri, la parte occidentale dell'Atlantico è più calda della orientale, ad eccezione dei luoghi, in cui il così detto *Cold Wall* (muro freddo) si

interpone tra le coste orientali degli Stati Uniti e la Corrente della Florida. Al disotto di 900 metri la parte occidentale è più fredda della orientale.

Zone

A)	20°-40° lat. N.;	16°-40° long. O.
B)	20°-40° „ ;	63°-65° „

Profondità delle isotermobate

	10° C.	5° C.	2°,5 C.
A)	m. 550-820	m. 1050-1650	m. 2200-2925
B)	„ 710-840	„ 1100-1570	„ 2650-2925

La ragione di questo fatto è data dall'azione delle correnti polari al disotto di quella profondità approssimativa di 900 m.

Anche nell'Atlantico meridionale gli strati superiori (sino a 500 m.) della parte occidentale sono più caldi di quelli della orientale:

Zone

A)	20°-40° lat. S.;	18° long. E., 35° long. O.
B)	20°-40° lat. S.;	60° long. O.

Profondità delle isotermobate

	10° C.	5° C.	2°,5 C.
A)	m. 180-500	m. 550-800	m. 1275-2750
B)	„ 230-550	„ 370-730	„ 1550-2200

Le temperature del fondo sono più alte nel bacino orientale che nell'occidentale:

Bacino Nord-ovest	Parte N. del bacino orientale
da 1°,3 a 1°,8	da 1°,6 a 2°,7
Bacino Sud-ovest	Parte S. del bacino orientale
nel Nord da 0°,2 a 0°,9	da 2°,1 a 2°,4
nel mezzo da 0°,6 a 0°,8	Bacino del Capo
nel Sud da 0°,4 a — 0°,6	da 0°,5 a 1°,0

A raffronto di questo quadro poniamo le osservazioni fatte, durante la spedizione del *Challenger*, a pochi chilometri al nord dell'equatore:

Prof. in m.	0	91	183	366	549	914	1829	2743	4160
Temper.	25°,3	19°,4	13°,4	8°,2	5°,6	4°,3	3°,6	2°,7	1°,6

Da esso si vede che una massa di acqua della potenza di 4000 e più metri ha una temperatura media inferiore alla più bassa temperatura possibile dell'aria. Dal che si deduce, che l'acqua del fondo è di origine polare, ed è continuamente rinnovata da una corrente sottomarina. E si può aggiungere, con piena sicurezza, che dei due mari polari è l'antartico il mare dal quale provengono quelle acque del fondo. Difatti nel bacino Sud-ovest (vedi il penultimo dei quadri precedenti) la temperatura nel fondo è minore di 0°,6. Vero è, che nella parte sud del bacino orientale la temperatura nel fondo varia da 2°,1, a 2°,4. Ma è precisamente questa eccezione che conferma l'origine antartica delle acque inferiori. Si noti, a questo proposito, che appunto è il bacino S. O. dell'Atlantico quello che, per la configurazione del suo letto, non oppone alcun ostacolo alla irruzione delle acque polari provenienti dal mezzodì (1), mentre la intumescenza sottomarina, che forma

(1) Questa parte occidentale dell'Atlantico meridionale, le cui temperature al fondo sono inferiori allo zero sino alla lat. S. di 33°, e di là sino all'equatore oscillano tra 0 e + 1°, è detta per tal ragione il *Canale freddo.*

la separazione tra il bacino del Capo e la parte meridionale del bacino orientale, non lascia penetrare in questa che le acque più calde corrispondenti allo strato che è al medesimo livello di quella intumescenza. E ciò è anche meglio confermato dal fatto, che nel Bacino del Capo la temperatura delle acque del fondo è notabilmente bassa (da 0°,5 a 1°).

Si consideri eziandio quanto piccola sia la larghezza dell'accesso dal Mare polare artico all'Atlantico Settentrionale in confronto di quello che conduce dal Mar polare antartico all'Atlantico Meridionale. L'accesso all'Atlantico Settentrionale è di chilometri 1520, così divisi:

Stretto di Hudson	chil.	111
Stretto di Davis	„	370
Stretto di Danimarca	„	245
Stretto delle Färöer	„	794
	chil.	1520

La profondità media essendo di m. 600, ne risulta una sezione trasversale dell'area di 912 chq. (= 1520 × 0,6).

Dal Mar glaciale antartico all'Atlantico meridionale la linea di accesso ha una larghezza di chilometri 9190, così divisi:

Stretto del Capo Hoorn	chil.	965
80 gradi di longitudine sul circolo polare .	„	3621
41,3 gradi di latitudine sul meridiano 20° .	„	4604
	chil.	9190

Ammettendo con Otto Krümmel (1) che la profondità media sia di 2750 metri, si ha una sezione trasversale dell'area di 25.272 chil. q. (= 9190 × 2,75) quasi tripla della sezione precedente (2).

Grande Oceano. — Presa, nel suo complesso, la distribuzione della temperatura nel senso verticale è, nel grande Oceano, molto analoga a quella dell'Atlantico. Parecchi punti di differenza vogliono tuttavia essere qui notati. Primieramente la parte più fredda del Pacifico, contrariamente a quanto succede nell'Atlantico, è la sezione settentrionale al nord del Tropico del Cancro (V. quadro *B* a pag. 198). In secondo luogo, le massime temperature corrispondono agli strati superiori della zona tropicale, ed a quelli mediani del Pacifico meridionale a mezzodì del parallelo 20°. In terzo luogo, le temperature delle acque del fondo sono assai più uniformi che nell'Atlantico: nella parte settentrionale oscillano tra 0°,5 e 1°,6; nella meridionale tra 0°,6 ed 1°; mentre l'amplitudine è nel bacino dell'Atlantico, preso nel suo complesso, di 3°,3 (da + 2°,7 a — 0°,6). In quarto luogo, il Grande Oceano tro-

(1) Krümmel, *Versuch einer vergleichenden Morphologie der Meeresräume*, pag. 61 e 62.

(2) Gli accessi laterali misurano 3000 chilometri, di cui 790 nella parte orientale (stretto delle Orcadi, stretti Scozzesi, canale tra l'isola Ouessant e il capo Clear, e stretto di Gibilterra), e 1210 per la occidentale (stretto di Belle-Isle, stretto del San Lorenzo, stretto di Bimini e canali lungo le Piccole Antille).

picale e meridionale è, sino a circa 1000 metri di profondità, notabilmente più elevato che nell'Atlantico ad eguali latitudini (V. quadri *A* e *B* a pag. 197-98): ma a profondità maggiori le sue acque si fanno più fredde delle atlantiche, senza tuttavia raggiungere la bassa temperatura di — 0°,6, che abbiamo avvertito nella parte occidentale dell'Atlantico meridionale. Notiamo infine, che, relativamente alla influenza del Gulf-Stream e delle sue ramificazioni sulla temperatura dell'Atlantico settentrionale, quella del Kuro-Scio sulle condizioni termometriche del bacino settentrionale del Pacifico è assai meno sensibile. Le osservazioni fatte in amendue gli Oceani dalla spedizione del Challenger dànno, tra i paralleli boreali di 37° e di 38°, i seguenti risultati:

	Media profondità delle isotermobate		
	di 20°	di 15°	di 10°
Atlantico (20°-70° long. O.)	40 m.	430 m.	790 m.
Pacifico (170°-140° long. E.)	20 „	120 „	350 „

Oceano Indiano. — Più che negli altri due Oceani aperti, l'influenza delle acque antartiche è sensibile nell'Oceano Indiano. Anche a questo riguardo vengono in buon punto le osservazioni del *Challenger*, dalle quali risulta che tra i paralleli australi di 52° e 54° la temperatura alla superficie è solamente di 3° anche nella state, discende a 1° alla profondità di 200 metri, e a — 0°,6 al fondo (3570 m. circa). La penetrazione delle acque antartiche nel bacino è favorita dalla grande area della sezione trasversale di accesso

la quale, secondo Otto Krümmel, è di circa 30.000 chilometri quadrati (1): dappertutto, tra l'isola Mauritius e la costa nord-ovest dell'Australia, le temperature sono molto basse. Si aggiunge che le correnti calde sotto alte latitudini sono, nell'Oceano Indiano, assai meno importanti che nei mari settentrionali.

Questa circostanza suggerisce al dottore Alessandro Supan alcune importanti questioni. Premesso il dubbio che, oltre alla corrente delle Falkland, vi sieno altre correnti superficiali che si spingano sino alla zona tropicale, ed ammesso come cosa certa, che una corrente antartica sottomarina raggiunge l'equatore e si avanza, al di là, nell'emisfero boreale, quantunque con estrema lentezza, l'egregio geografo si chiede: In quale rapporto questa corrente sottomarina è colle correnti superficiali? In quale modo il Mar glaciale antartico è compensato della perdita che esso soffre a cagione di quella corrente sottomarina? Giacchè una corrente costante non si può sviluppare, se non è equivalenza tra le acque che vi affluiscono e quelle che ne derivano. In fine, è egli probabile che le calde e deboli correnti superficiali dell'emisfero meridionale possano effettuare questo com-

(1) La larghezza della linea di accesso è di 11107 chilometri, di cui 4598 per gradi di latitudine 41,3 lungo il 20° meridiano, 3804 lungo il circolo polare australe, 2520 lungo il meridiano 147°, e 185 per lo stretto di Bass. Il Krümmel ammette la profondità media in 1383 braccia (m. 2529): l'area della sezione risulta pertanto di 28.090 chil. q. (2,529 × 11107 = 28.089.603).

penso? (1). Se, come afferma il dottore Wyville Thomson, direttore della spedizione del *Challenger*, nell'emisfero oceanico la precipitazione atmosferica è maggiore della evaporazione, e nei mari dell'emisfero tellurico (Atlantico, Oceano Indiano settentrionale, Pacifico settentrionale) succede il contrario, si potrebbe forse attribuire alla corrente antartica sottomarina l'ufficio di provvedere a questa sproporzione. Ma i dati che si hanno intorno alla distribuzione delle pioggie sulla superficie dei mari sono ancora così incerti — specialmente per il Grande Oceano e per la parte settentrionale dell'Oceano Indiano — da rendere assolutamente vana ed inutile ogni discussione della ipotesi dell'illustre scienziato inglese, per quanto ingegnosa essa sia (2).

Mare glaciale artico. — La temperatura negli strati profondi, oscillanti, nel Mare glaciale europeo, tra 0 e — 1°,7, dipende in gran parte dalla configurazione del fondo. Così l'altipiano islandese, che ha alla superficie la profondità di circa 650 metri, impedisce allo strato di acqua relativamente calda proveniente dall'Atlantico di penetrare nel bacino polare propriamente detto. Assai meno regolare che negli Oceani aperti è la stratificazione termica. Non di rado uno strato

(1) Supan, *Grundzüge der physischen Erdkunde*, pag. 267 e 268.

(2) Supan, *Die jährlichen Niederschlagsmengen auf den Meeren*, nelle *Geogr. Mitt.*, vol. 44 (1898), pag. 179-182, con tavola.

freddo è situato tra due strati di temperatura più elevata, oppure uno strato caldo (in senso relativo) si interpone tra due strati di più bassa temperatura. In generale si può stabilire, che nella state il Mare artico è *anotermico*, e nell'inverno è prevalentemente *katotermico* (1), quantunque l'aumento della temperatura, coll'aumentare della profondità, sia assai lento. Secondo le osservazioni del dottore Mohn fatte il 5 luglio 1877 nel luogo di lat. N. = 70° e di long. E. = 6°,15, la temperatura, che alla superficie era di 8°,6, venne trovata ancora di 5° alla profondità di 100 metri: a 1100 era discesa a 0°, e a 3130 m. (profondità del letto) a — 1° (2). La disposizione termica è adunque colà, nella state, del tipo *anotermico*.

Per altro lato, nelle vicinanze dei campi di ghiaccio ad occidente dell'Isola Jan Mayen la stratificazione termica cangia a seconda delle stagioni. Nel marzo e nell'aprile gli strati superiori, sino alla profondità di 100 metri, hanno la temperatura di — 2°: a profondità maggiori la

---

(1) Secondo le proposte di Otto Krümmel nel suo lavoro *Zur Physik der Ostsee* pubblicato nelle *Geogr. Mitt.*, vol. 41 (1895), pag. 112. Se l'acqua è calda alla superficie, e si raffredda coll'aumentare della profondità, la stratificazione chiamasi *anotermica* (ἄνω, in alto). Se è fredda alla superficie, e aumenta nella temperatura coll'aumentare della profondità, si ha la stratificazione *katotermica* (κάτω, in basso).

(2) Mohn, *Die norwegische Nordmeer-Expedition*, Gotha, Justus Perthes, 1880, pag. 20.

temperatura aumenta (in un luogo, a 290 metri, sino a + 1°,01, secondo le misure del citato dottore Mohn). La stratificazione appartiene al tipo *katotermico*.

Collo scioglimento dei ghiacci nella state, si sovrappone allo strato dell'acqua fredda dell'inverno uno strato di acqua più calda; la temperatura diminuisce poi di alquanto per aumentare in fine nuovamente negli strati profondi. La medesima stratificazione termica venne notata nello stretto di Davis dalla spedizione della nave danese *Fylla* (anno 1884). Nel luogo di lat. N. = 67° e di long. O. = 67°,30′ la temperatura alla superficie era di + 2°,8: di 0°,9 alla profondità di 55 metri, di + 4°,2 alla profondità di 560 metri. Questa stratificazione è detta dal Krümmel *dicotermica* (διχό-θερμός, calore diviso). Essa è comune a tutti i *fiordi* che caratterizzano la costa occidentale della Norvegia, e lo è anche alle più alte latitudini. Nel luglio la temperatura alla superficie è di 11°,4; a 55 m. discende a 5°,8, ma aumenta poi fino a circa 7° a 200 m. di profondità (che comunemente è quella del letto dei fiordi). Abbiamo qui un'altra prova della grande somma di calore, che le acque costiere della Norvegia ricevono dalle basse latitudini (1).

Nel cosidetto stretto di Danimarca (tra l'Islanda e la Groenlandia) la corrente fredda della Groenlandia si sovrappone, tra la latitudine di 66° e il capo Farvel, all'acqua calda. La temperatura

---

(1) Supan, *op. cit.*, pag. 265.

da 0 a — 1°,7 si trova solamente sino a 100 m. di profondità; succedono temperature che, aumentando sempre più, giungono sino a + 4° (a 700 m. di profondità). La profondità della corrente polare dipende da quella del mare. Se la temperatura 0 si prende come limite dell'acqua polare, ecco quali sarebbero, secondo le osservazioni del dottore Hamberg, le profondità della corrente in quattro luoghi dello stretto di Daminarca:

Prof. del letto del mare in m.	Prof. della corrente polare	Lat. N.	Long. O.
90	82	65°,33′	37°,32′
215	100	59°,43′	43°,16′
255	120 circa	66°,18′	34°,50′
750	350 circa	63°,10′	40°,35′

In altre parole, la linea isotermabata di 0 avrebbe, nei quattro casi indicati, le profondità rispettive di 82, 100, 120 e 350 m. (1).

Nella spedizione danese del 1891-92, sotto la direzione del luogotenente Ryder, lungo la costa orientale della Groenlandia tra le latitudini di 69° e di 74°, le osservazioni relative alla temperatura condussero primieramente alla esistenza, tra 200 e 400 metri di profondità, di uno strato con temperature variabili da — 0°,6 a + 0°,4 e con un grado molto intenso di salsedine (34,9 per mille). Questo strato relativamente caldo si

---

(1) Axel Hamberg, *Hydrographical Observations of the Nordenskiöld Expedition to Greenland*, 1883, nel vol. VI (1884) dei *Proceedings of the Royal Geographical Society*, pag. 569 e seg.

estende dalla costa sino alla distanza di 150 ch. e, secondo il Ryder, è un prolungamento della corrente calda che lambisce le coste occidentali delle Spitzbergen (1).

Nello Scoresby-Sund, che si apre sulla costa orientale della Groenlandia poco al nord del parallelo 71°, la stratificazione termometrica è quella che il Krümmel chiama *mesotermica* (2). L'acqua alla superficie è relativamente calda (da 6° a 8°) e dappertutto molto povera di sali. Colla profondità la temperatura si abbassa rapidamente sino ad un *mininum* da — 1°,6 a — 1°,9, alla profondità di circa 94 metri: in seguito aumenta sino al fondo del mare. La isotermobata superiore di 0 trovasi alla profondità da 20 a 40 metri: quella inferiore a 530 m.: la temperatura positiva del fondo è di + 0°,5.

Nel mare tra la Novaia Semlia e la Terra di Francesco Giuseppe, le osservazioni del capitano Weyprecht (comandante della nave *Tegetthoff*) condussero ad importanti ed inattesi risultati.

Ecco, primieramente, le temperature osservate nella state alle profondità di 50, 100, 200 metri e a 210 metri (quella del fondo) in dieci operazioni:

(1) Hartz, *Die dänische Expedition nach Ostgrönland 1891/92* in *Geog. Mitt.*, vol. 43 (1897), pag. 90.

(2) La stratificazione è detta *mesotermica* (μέσος, situato nel mezzo) quando l'acqua è fredda negli strati superiori, più calda negli strati medi, e nuovamente fredda negli strati inferiori.

	A 50 m.	A 100 m.	A 200 m.	A 210 m. (1)
	— 1°,9	— 1°,9	— 2°,4	— 2°,6
	— 1°,9	— 2°	— 2°,1	— 2°,1
	— 2°,5	— 2°,4	— 1°,6	— 1°,6
	— 2°,4	— 2°,4	— 1°,9	— 1°,7
	— 2°,2	— 2°,2	— 2°,4	— 2°,2
	— 2°,2	— 2°,2	— 2°,1	— 2°,1
	— 2°,2	— 2°,4	— 2°,2	— 2°,2
	— 2°,4	— 1°,9	— 2°,2	— 1°,5
	— 2°,2	— 2°,2	— 2°,3	— 2°,2
	— 2°,1	— 2°,1	—	— 2°,3
Medie	— 2°,20	— 2°,17	— 2°,13	— 2°,05

Le temperature osservate alle medesime profondità di 50, 100, 200 metri e alla profondità media di 345 metri nell'inverno furono, in cinque operazioni, le seguenti:

	A 50 m.	A 100 m.	A 200 m.	A 345 m.
	— 1°,7	— 1°,4	— 1°,0	— 1°,2
	— 2°,3	— 2°,1	— 1°,7	— 0°,4
	— 1°,9	— 1°,9	— 1°,6	— 0°,2
	— 1°,8	— 1°,8	— 1°,5	— 1°,5
	— 1°,8	— 1°,6	— 1°,1	— 1°,1
Medie	— 1°,9	— 1°,76	— 1°,38	— 0°,88

Le medie temperature di quelle acque polari sono adunque:

Nella state		Nell' inverno	
a 50 m. . . .	— 2°,20	a 50 m. . . .	— 1°,90
a 100 „ . . .	— 2°,17	a 100 „ . . .	— 1°,76
a 200 „ . . .	— 2°,13	a 200 „ . . .	— 1°,38
a 210 „ . . .	— 2°,05	a 315 „ . . .	— 0°,88

La media temperatura dalla superficie al fondo risulta così di — 2°,14 nella state e di — 1°,48

(1) Media profondità degli scandagliamenti nella state.

nell'inverno. In altre parole, quella parte del Mare polare è più fredda nella state che nell'inverno. Inoltre, in questa ultima stagione la disposizione termometrica è del tipo *catotermico*; nella state invece è quasi *omotermica*, cioè quasi ugualmente calda.

Il riscaldamento delle acque nell'inverno, e il loro raffreddamento nella state non possono essere spiegati colle differenze che si manifestano nella temperatura dell'aria, sì soltanto coll'affluenza, da altre regioni oceaniche, di acque calde nella prima stagione e di acque fredde nella seconda.

Ciò premesso, ecco come ragiona l'illustre navigatore: " Nel giugno cessa l'affluenza delle acque calde; gli ultimi resti di queste giacciono al fondo e sono, nel corso della state, totalmente sloggiate dalle acque fredde, le quali sino alla fine di settembre mantengono quasi costantemente la medesima temperatura dalla superficie al fondo. Intorno a questo tempo incomincia l'affluenza delle acque calde, le quali si dispongono sotto le acque fredde, aumentando sempre più in potenza verticale col progredire dell'inverno, sino a che col principio della stagione estiva sono nuovamente spostate dalle acque di più bassa temperatura " (1). Queste affluenze di acque calde e di acque fredde a seconda delle due stagioni estiva ed invernale si spiegano, secondo lo stesso Weyprecht, nel modo seguente. Nel bacino artico si versa, durante il breve tempo

---

(1) K. Weyprecht, *Tiefsee-Temperatur-Beobachtungen im Ost-Spitzbergischen Meere*, 1871-1874, in *Geogr. Mitt.*, vol. 24 (1878), pag. 352.

della state, quella parte della totale precipitazione atmosferica che non è impiegata nella formazione dei ghiacciai. È difficile, per non dire impossibile, calcolare la quantità di neve che non si cambia in ghiaccio, ma bensì direttamente in acqua: ad ogni modo essa è certo molto più grande. Tutto il bassopiano siberiano e dell'America artica, che non ha ghiacciai ovvero di pochissima estensione, versa le sue acque direttamente nel mare, in seguito a che, specialmente nella Siberia, noi veggiamo un sistema fluviale tanto sviluppato da non trovare riscontro in altre parti della Terra. Conviene pure tener conto delle moltissime masse d'acqua le quali, senza formare fiumi, sono provviste al mare, e nel breve tempo della piena estate, dalle isole del distretto artico. I mesi di giugno e di luglio sono quelli, nei quali avviene la massima conversione della neve in acqua. Perciò, relativamente al resto dell'anno, è in questi mesi che il livello del mare si innalza, producendo così un'affluenza delle acque verso mezzogiorno, specialmente nel mare tra la Groenlandia e la Novaia Semlia. Conseguenza naturale di ciò è, che viene trattenuto e respinto il regolare trasporto delle acque calde equatoriali, in luogo delle quali vengono a porsi le acque polari provenienti dall'interno del bacino artico. Nell'agosto il tributo delle acque è molto minore; nel settembre cessa totalmente, ed allora incomincia il trasporto delle acque provenienti dal sud, cioè il movimento equatoriale consistente negli ultimi prolungamenti della Corrente del Golfo (1).

(1) WEYPRECHT, *loc. cit.*

La stratificazione termica del Mar polare al nord della Siberia fu studiata dal Nordenskiöld e dai suoi compagni nella memorabile spedizione della *Vega*. Secondo i dati raccolti da Giacomo Bove, lungo la costa nord della Siberia l'acqua gelata si presenta già a piccola profondità (da 3 a 10 m.): negli strati da 30 a 52 metri la temperatura oscilla tra — 1° e — 2°,4. Le temperature relativamente più elevate in alcuni luoghi, insieme col minor peso specifico (di 1,01 e anche meno), dimostrano una miscela di circa una parte di acqua marina e due parti di acqua fluviale provenienti dalle grandi correnti della Siberia, Ob, Jenissei, Chatanga, Olenek, Lena, Jana, Indighirka, Kolyma (1).

Le osservazioni fatte dal Nansen, dal 13 al 17 agosto (1894) nella sua memorabile spedizione, e nel luogo avente 81° lat. N. e 127° long. E., condussero ai seguenti risultati:

			Variazione per ogni 100 m.
Profondità	0 m.	+ 1°,2	
"	2 "	— 1°,32	— 0°,47
"	40 "	— 1°,50	
"	80 "	— 1°,50	+ 0°,81
"	200 "	— 0°,03	
"	220 "	+ 0°,19	
"	325 "	+ 0°,49	
"	800 "	+ 0°,07	— 0°,09
"	900 "	— 0°,04	
"	1200 "	— 0°,28	— 0°,05
"	1800 "	— 0°,60	
"	2900 "	— 0°,76	— 0°,015
"	3800 "	— 0°,64	+ 0°,013

(1) *Rivista marittima*, 1880, pag. 452 e seg.

Allo strato superficiale, dello spessore di appena 2 metri, succede uno strato d'acqua fredda dello spessore di 200 metri, con una media temperatura di — 1°; quindi uno *strato caldo* della potenza di 660 metri con una temperatura media di + 0°,22; in fine lo strato profondo, dello spessore di circa 3000 metri, con una temperatura media di — 0°,57. Questi tre strati differiscono anche nel grado di salsedine: il superiore è il meno salato: quello di mezzo è il più ricco di sostanze saline. Che questo strato mediano appartenga alla Corrente del Golfo non vi può essere dubbio.

Mare glaciale antartico. — Dalle osservazioni, sin qui in piccol numero, fatte nelle vicinanze della barriera di ghiaccio, risulta che durante la state si presentano colà le medesime condizioni che abbiamo visto per il mare della Groenlandia orientale. A mezzogiorno del gruppo delle Kerguelen, a 65° di latitudine S., le temperature alla superficie furono trovate dalla spedizione del *Challenger* inferiori allo zero (sino a — 1°,2): la temperatura diminuiva quindi colla profondità sino a — 1°,5 (230 m. di profondità); al di sotto di questo strato aumentava sino a raggiungere 0 tra 500 e 600 metri, e + 0°,5 alla profondità di 3300 m. che era quella stessa del fondo. La stratificazione termica sarebbe adunque *mesotermica*.

Mari Mediterranei e adiacenti. — Il medesimo fatto, che l'Oceano Atlantico settentrionale è difeso dalla sfavorevole azione del Mare polare artico mediante intumescenze sottomarine, si ri-

pete eziandio in alcuni Mediterranei a cagione dei canali generalmente stretti e poco profondi che li uniscono cogli Oceani aperti.
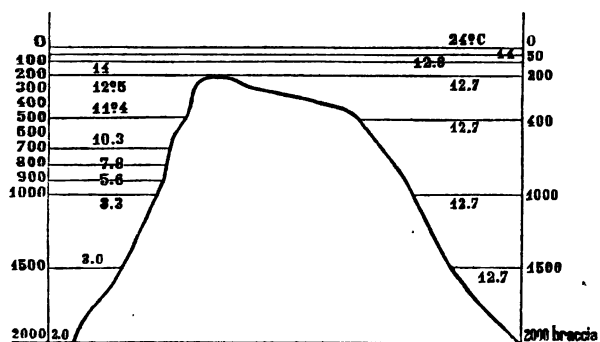
Fig. 3.

Lo Stretto di Gibilterra è largo soli 13.400 m., ed è separato dalle acque profonde dell'Atlantico per mezzo d'un dorso sottomarino che si innalza sino a 500 metri dal livello. Ora, a questa profondità di 500 metri, l'Atlantico ha una temperatura media di 12°,7; più sotto la temperatura seguita le legge di decrescimento che abbiamo accennato a proposito degli Oceani aperti. Siccome le acque dell'Atlantico non possono, a cagione di quel dorso sottomarino, penetrare nel Mediterraneo a profondità maggiori di 500 metri, ne viene che al disotto di questo strato tutta la massa del Mediterraneo occidentale ha, sino al fondo, la temperatura costante di 12°,7. Nel Mediterraneo orientale la temperatura uniforme, da 500 metri al fondo, è alquanto maggiore,

e giunge a 13°,6. Si ha adunque, al di là di 500 metri, una stratificazione perfettamente *omotermica*. E siccome le temperature di 12°,7 e di 13°,6 sono le più basse medie invernali alla superficie di quei due bacini, ne viene che nell'inverno non di rado succede che tutta la massa del Mediterraneo abbia una sola e medesima temperatura (V. le figg. 3 e 4) (1).

La stratificazione omotermica si nota eziandio in altri mediterranei. Gli stretti che conducono dall'Atlantico nel Mare delle Antille sono relativamente poco profondi: accenniamo tra essi il Passaggio del Vento tra Cuba ed Haiti (profondità 1450 m.), lo Stretto di Mona tra Haiti e Portorico (475 m.), e i numerosi stretti che si aprono tra l'una a l'altra delle piccole Antille e, in complesso, non sono più profondi del Passaggio del Vento, per la qual cosa le acque dell'Atlantico non possono penetrare nel Mare delle Antille che negli strati meno profondi di 1500 m. circa.

---

(1) Nel mare ad occidente della Sardegna la temperatura costante di 13° venne trovata dal capitano Magnaghi (comandante del *Washington*) a 230 m. di profondità: nel Mar Tirreno invece la si incontra soltanto alla profondità di 850 metri. Adunque la quantità di calore negli strati superiori del Tirreno è considerabilmente maggiore che nel mare ad occidente della Sardegna. V., a proposito del Mediterraneo, la eccellente monografia dettata da Giovanni Marinelli, dal titolo: *Recenti studi idrografici e talassografici nel Mediterraneo* in " Atti e Mem. d. R. Acc. di Padova, 1884 ".

Lo stesso si ripete per il Mediterraneo Australasiatico. Il canale tra Formosa e le Filippine è profondo 1500 metri; gli stretti che conducono nel Mare di Sulu non sono profondi più di 730 m.; la intumescenza che separa il Mare di Celebes dal Pacifico si innalza colla sua parte superiore sino a 1300 metri di distanza dal livello; il Mare di Banda è separato dai mari circostanti per mezzo di dorsi sottomarini profondi 1700 metri; infine il mare tra Timor, Flores e Sumba, profondo 3760 metri, non comunica coll'Oceano Indiano che negli strati superiori a 1500 metri.
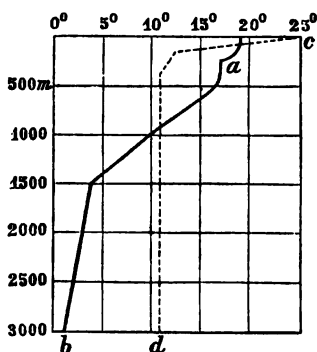
Fig. 4.

Il Mar Rosso (almeno alla latitudine di Gidda) è, sino alla profondità di 700 metri, *anotermico:* di là sino al fondo è la temperatura costante di 21°,5 (1).

(1) Ecco, secondo il Krümmel (*Der Ozean*, fig. 41), quali sarebbero, per alcuni dei mari sopradetti, le temperature costanti sino al fondo, a partire da una certa profondità:

Mare Cinese merid.	2°,5 C.	Temp. alla superficie	24° C.
Mare delle Filippine	11° „	„	27° „
Mare di Sulu . . .	10°,2 „	„	29° „
Mare di Celebes . .	3°,7 „	„	29° „
Mare di Banda . .	2°,9 „	„	29° „
Mare di Sawu . .	3°,3 „	„	28° „

Non tutte le parti del Mediterraneo presentano, al disotto di una certa profondità, la stratificazione omotermica. Nell'Adriatico le temperature negli strati profondi, a guisa di quelle alla superficie, aumentano da N. O. a S. E.: presso l'isola di Lissa, a 130 m. di profondità, i signori Wolf e Luksch notarono la temperatura di 13° 17′: nei dintorni del Capo Linguetta, 14°,2 alla profondità di 540 m. Nel Mar di Marmara il dottore Corrado Natterer, membro della spedizione austriaca del *Taurus* (anno 1894), trovò che in molte stazioni di osservazione la stratificazione era *poikilotermica* (1). Valgano le seguenti profondità e temperature nel luogo di latitudine N. = 40° 47′ 55″ e di longitudine E. = 28° 50′ 38″ (2):

Prof.	0	5m	10	20	30	40	50	60	70	80	100	1225
Temp.	12°,6	13°,8	13°,4	17°,1	14°,8	14°,2	13°,7	14°,1	14°,5	14°,2	14°,2	14°,1

Per il Mar Nero, le osservazioni fatte dalla spedizione russa della nave *Sciernomores* (comandata dal capitano Spindler) nell'anno 1890 dimostrarono la stratificazione *dicotermica*. L'aumento della temperatura negli strati profondi è sicuramente dovuto alle acque del Mediterraneo che vi penetrano, dal Bosforo, come corrente inferiore. Ecco, secondo la relazione del dottore Woeikow,

---

(1) La stratificazione è detta *poikilotermica* quando si succedono irregolarmente strati di diversa natura (da ποικίλος, distinto per vari colori).

(2) *Geographische Jahrbuch*, vol. XX (1897), pag. 208.

la stratificazione termica del Mar Nero nel suo bacino più profondo (1).

Profondità in m.	0	10	20	30	40	50
Temperatura	23°,2	21°,2	14°,0	8°,4	7°,2	7°,0
Profondità in m.	60	70	80	90	100	550
Temperatura	6°,8	6°,94	7°,35	7°,5	7°,88	8°,97
Profondità in m.	1000	2158				
Temperatura	9°,0	9°,26.				

Nel Mare del Nord le oscillazioni della temperatura degli strati inferiori sono tanto maggiori quanto minore è la profondità. Così nelle parti più profonde dello Skager Rak la temperatura rispetto a quella della superficie non varia, lungo l'anno, che di $\frac{1}{3}$ di grado sino alla profondità di 90 metri: a 190 metri ogni differenza scompare. Nel fondo (sino a 580 m.) la temperatura è, per tutto l'anno, di 5°, superiore di mezzo grado alla media temperatura dell'aria nel mese di gennaio. Secondo le osservazioni fatte dalla Commissione di Kiel a bordo della nave *Pommerania* (anno 1872), la temperatura al nord del Doggerbank era (nell'agosto) di 15°,6 alla superficie, e solamente di 7°,2 dallo strato di 27 m. sino al fondo (66 metri); a mezzogiorno del Banco, già nei primi giorni della state le acque inferiori si erano rapidamente riscaldate sino al fondo. Si può adunque dire, che la temperatura degli strati inferiori a mezzogiorno del Doggerbank, è, nella

(1) Woeikow, *Die Tiefseeforschungen im Schwarzen Meere im Jahre 1890*, in *Geogr. Mitt.*, vol. 37 (1891), pag. 33-37.

state, superiore di 9° a quella degli strati inferiori a settentrione del medesimo banco.

Molto grandi sono, nel Mare del Nord, le oscillazioni annuali delle temperature alla superficie, come si scorge dalle seguenti amplitudini:

Dirimpetto alla Manica	7°,5
Presso le isole Shetland	5°,0
Al nord della foce dell'Ens	15°,4
Presso l'isola Helgoland	14°,3
Nella parte nord dello Skager Rak . .	5°,1

Le minime temperature (nel febbraio) oscillano tra 4°,9 e 7°: le massime (nell'agosto) tra 13° e 15°.

Per quanto riguarda il Baltico, di regola generale la temperatura, nell'inverno, aumenta coll'aumentare della profondità: la stratificazione è adunque katotermica. Così a Friedrichsort (sul Golfo di Kiel) alla profondità di circa 30 metri la temperatura supera di 2°,25 la temperatura alla superficie; presso l'Isola di Poel (nella parte orientale del Golfo di Lubecca) l'eccesso è, a 7,3 m. di profondità, di 2°,6: in Reval (sul Golfo di Finlandia), alla piccola profondità di 2,3 metri, l'eccesso è di 0°,4. Nella state, per contro, si ha una stratificazione anotermica. La temperatura alla superficie supera di 9°,8 quella che corrisponde, in Friedrichsort, alla profondità di 30 m., ed anzi l'eccesso nel luglio giunge sino a 10°,7; presso l'isola Poel l'eccesso è di 1°,8; presso Reval è di 0°,2 (1).

(1) Krümmel, *Der Ozean*, pag. 139.

Nell'alto Baltico le temperature sono, nella state, dicotermiche; la temperatura minima, oscillante tra 1°,7 e 2°,7 si incontra comunemente alla profondità di 50 metri (1). Nell'inverno la stratificazione inferiore è omotermica (da 3°,1 a 4° negli strati al disotto di 70 metri). Nel Mare dei Belt varia la stratificazione; essa è prevalentemente omotermica nella primavera e nel tardo autunno; anotermica nella state, katotermica nell'inverno (2).

---

(1) Nel golfo di Finlandia la temperatura minima giunge a 0°.

(2) Krümmel, *Zur Geophysik der Ostsee*, in *Geogr. Mitt.*, vol. 41 (1895), pag. 111 e seg.

CAPITOLO VII.

I ghiacci marini.

Gli Oceani aperti dopo le immortali navigazioni di Colombo, di Vasco da Gama e di Ferdinando Magellano; i mari secondari delle zone calde e temperate da tempo di gran lunga più antico, sono il principale mezzo naturale di comunicazione tra le regioni più lontane, di cui agevolano in sommo grado le relazioni e gli scambi. Per lo contrario, i mari polari, artico e antartico, si oppongono, a cagione della estesa formazione dei ghiacci, ad ogni comunicazione regolare, malgrado gli enormi progressi introdotti dalla industria moderna nella costruzione di navi capaci di resistere vigorosamente agli urti ed alle pressioni formidabili dei ghiacci polari (1). La storia delle navigazioni artiche ed

(1) L'ammiraglio russo Makarow inventò recentemente un rompighiaccio che egli fece costrurre dalla Casa Armstrong, destinandolo a mantenere liberi, nell'inverno,

antartiche, dirette le une a scopo commerciale, le altre a scopo scientifico, rivaleggia con quella delle scoperte geografiche nel continente africano se non per il numero delle morti, certo per la somma dei patimenti sofferti e per le peripezie strazianti. Basta ricordare qui le infelici spedizioni di John Franklin, del capitano Francis Hall, della *Jeannette* e del capitano Greely. E nella lunga serie delle navigazioni polari da Giovanni Caboto ai nostri giorni, i più gravi ostacoli furono, quasi sempre, quelli frapposti dalle condizioni instabili dei ghiacci, sui quali il navigatore non può mai fare sicuro assegnamento, come quelle che dipendono, o dalla configurazione delle coste circostanti ai mari polari e delle masse emergenti, o dalla profondità e dalla configurazione del fondo, o dalla estensione, dalla direzione, dalla velocità e dal carattere termico delle correnti marine, o dagli andamenti annuali e secolari dei fenomeni termici e dalle loro variazioni periodiche od irregolari, o infine dalle correnti atmo-

---

i porti russi del Baltico, e specialmente quello di S. Pietroburgo, ed a facilitare, nella state, le così dette *navigazioni siberiane* (dirette, attraverso il mare di Cara, alle bocche dell'Ob e dello Ienissei. Con uno di tali potenti congegni di 20.000 tonnellate, o con due di 10.000 tonnellate ciascuno, il Makarow tenterebbe anche di aprire una strada libera verso il polo. Le ultime notizie recano che il rompighiaccio *Jermak* sofferse molti guasti presso le Spitzbergen, e dovette essere condotto a Newcastle per le opportune riparazioni. V. *Geogr. Mitt.*, vol. 44 (1899), pag. 248.

sferiche (1). E così si spiega come, dopo la spedizione così bene riuscita della *Vega* sotto la direzione dell'illustre Nordenskiöld, non solamente siano falliti tutti i tentativi di percorrere, in una sola traversata, il tratto dallo stretto di Jugor a quello di Bering, ma anche quelli di giungere sino alla penisola di Taimyr, astrazione fatta dalla navigazione del *Fram* sotto la direzione del Nansen. Ma, se i cosidetti *passaggi del nord-est* (al nord delle terre asiatiche) e del *nord-ovest* (al nord dell'America artica) non ebbero, e forse non avranno mai alcun risultamento *pratico* nel campo delle vicendevoli relazioni delle regioni dell'Atlantico con quelle del Pacifico, c'è, per altro lato, da rimanere attoniti dinanzi alla immensa copia di materiali scientifici radunati da tanti valenti e arditi esploratori, e riguardanti quasi tutti i rami della fisica terrestre (2). Più specialmente meritava di fissare l'attenzione tutto quanto si riferisce ai ghiacci artici ed antartici, per la ragione, che essi hanno una importanza capitale nella economia dell'Oceano intiero. La distribuzione della temperatura e della densità nel seno dei mari, e tutte le conseguenze che ne derivano hanno per elementi principali il freddo delle regioni polari ed il calore delle contrade tropicali: esse dipendono eziandio dall'addolcimento delle

(1) Chavanne, *Die Eisverhältnisse im arktischen Polarmeere und ihre periodische Veränderungen*, nel vol. 21 (1875) delle *Geogr. Mitt.*, pag. 136.

(2) V., nella *Geografia fisica del mare* di M. F. Maury, il paragrafo 421 dal titolo *Viaggi di scoperte al polo nord.*

acque prodotto dallo scioglimento dei ghiacci sotto medie latitudini, e dalla evaporazione che concentra e rende più pesanti le acque tropicali e subtropicali. Se il primo fenomeno compensa la contrazione delle acque dovuta alle basse temperature, il secondo modera la loro dilatazione, e per conseguenza la loro diminuzione di densità dovuta al calore. E così si compie quella circolazione dell'Oceano, che il Maury paragonava ad una respirazione, sia che si ammetta la esistenza di una circolazione profonda sulla superficie intiera del suolo sottomarino, sia che si ammetta invece il riposo assoluto negli abissi, e si cerchi di chiudere il ciclo del movimento in una zona superficiale probabilmente non profonda più di 2000 m., ed il cui limite inferiore, certamente variabile qua e là, non potrà essere fissato che dalla osservazione diretta.

A queste considerazioni di un egregio oceanografo francese (1) si può aggiungere quest'altra relativa alla azione diretta dei ghiacci sul clima dei continenti. Se una regione si estende nei dintorni di un mare coperto di ghiacci per una parte dell'anno, questo mare fa l'ufficio di un continente: esso modera bensì i calori estivi, ma non già i freddi invernali. La quantità di calore che è necessaria per produrre lo scioglimento dei ghiacci determina inoltre nei paesi vicini un abbassamento di temperatura, di guisa che solo nella tarda estate, come nell'agosto (per i luoghi

(1) THOULET, *Océanographie statique*, pag. 423.

dell'emisfero nord), si notano le temperature più elevate. Si spiegano per questa maniera le fresche estati e i rigidissimi freddi di alcuni paesi marittimi, quali sarebbero quelli circostanti alla Baia di Hudson e al Mare di Ochotsk.

Nelle zone polari, in cui la notte dura per un numero grande di giorni, ed i raggi solari durante la presenza del Sole sull'orizzonte cadono sulla superficie del mare molto obliquamente, la temperatura a questa superficie si abbassa al disotto del punto di congelazione, ed avviene la formazione del ghiaccio. Si avverta tuttavia, che non pochi sono i mari, i quali, quantunque estranei alle zone polari, gelano tutti gli anni sopra un'estensione più o meno vasta. Ciò succede ad esempio nei Mari di Bering e di Ochotsk, nel Mar Baltico a nord della linea condotta da Stoccolma all'Isola di Ösel (dirimpetto al Golfo di Riga), nel Mare di Asov. E ciò tanto più facilmente, in quanto che il congelamento è favorito dal piccolo grado di salsedine.

I ghiacci polari sono, a seconda della loro origine, di tre specie, *montagne di ghiaccio* o *ghiacci di acqua dolce*, e *ghiacci ai acqua salata*, o altrimenti *campi di ghiaccio.*

Nell'apparenza, il ghiaccio della prima specie si distingue da quello di acqua salata per la maggiore porosità e la minore trasparenza. Il primo è un corpo direttamente cristallizzato, il secondo è un corpo sformato dalla pressione. Amendue, se in piccoli pezzi, paiono incolori, e sono molto trasparenti: in grandi masse perdono

ogni trasparenza, ed hanno un colore verde azzurro. Il ghiaccio di acqua dolce è, anche in grossi pezzi, tanto chiaro da essere facilmente riconoscibile nell'acqua marina soltanto per la sua superficie che di poco emerge da quella dell'acqua. Contrariamente alle montagne di ghiaccio ed ai ghiacci di acqua salata, esso è straordinariamente duro e fragile. La sua presenza nelle zone polari è sporadica; solamente lungo le coste settentrionali della Siberia esso acquista una certa importanza, a cagione dei grandi fiumi di quella regione.

Le montagne di ghiaccio ed i campi di ghiaccio differiscono tra loro per la forma, dipendente a sua volta dalla origine delle une e degli altri. Le prime si distinguono per la loro potenza nel senso verticale: i secondi per la loro estensione, sovente di centinaia di chilometri, nel senso orizzontale. Tuttavia, se il campo di ghiaccio viene a ridursi in pezzi, questi prendono forma di piccole montagne di ghiaccio, e vicendevolmente i pezzi di queste ultime assumono quella di un piccolo campo di ghiaccio, di guisa che non si distinguono che per la struttura, e possono facilmente essere scambiati le une cogli altri.

Le montagne di ghiaccio non si formano alla superficie medesima del mare; sì bene non sono altro che porzioni terminali di ghiacciai che discendono sino alle rive del mare, e, distaccate dal corpo principale del ghiacciaio, galleggiano sull'acqua (1), e sono trasportate in alto mare

(1) Il peso specifico del ghiaccio è 0,92, essendo 1,028 quello dell'acqua alla superficie dei mari polari.

dai venti e dalle correnti. I loro luoghi di origine sono la Groenlandia, le Spitzbergen, la Novaia Semlia, la Terra di Francesco Giuseppe, e le terre antartiche.

Le forme degli *icebergs* (chè così si chiamano comunemente, con voce inglese, le montagne di ghiaccio) sono estremamente varie. " Al contatto dell'atmosfera e dell'acqua marina essi si sciolgono in parte; le onde che si infrangono al loro piede scavano un largo solco intorno alla linea d'acqua; il centro di gravità viene così a spostarsi a poco a poco; gli icebergs si inclinano o cadono bruscamente, e terminano per prendere forme tanto più irregolari quanto meno omogeneo è il ghiaccio, e quanto maggiore è la loro distanza dal luogo di origine " (1).

Se gli icebergs avessero una forma stereometrica regolare, sarebbe facile dedurre dalla altezza della parte emergente lo spessore della parte sommersa. Supponiamo che la forma sia quella di un parallelepipedo rettangolo, e indichiamo con A l'area della base, con a l'altezza della parte visibile dell'iceberg, con x lo spessore della porzione sott'acqua, con p e p_1 i pesi specifici rispettivi del ghiaccio e dell'acqua marina. Secondo il principio d'Archimede si ha la relazione

$$(a + x)\, \mathrm{A}p = \mathrm{A}xp_1$$

dalla quale si ha:

$$x = \frac{ap}{p_1 - p}$$

(1) Thoulet, *Océanographie statique*, pag. 458.

Ora (v. la nota nella pag. precedente) essendo $p = 1,028$ e $p_1 = 0,92$, si ottiene

$$x = 8,5\,a$$

E siccome i volumi sono proporzionali alle altezze, così la parte sommersa equivarrebbe a 8 volte e mezzo la parte visibile dell'iceberg (1). Ma questo rapporto è solo grossolanamente approssimativo, sia per le forme molto irregolari delle montagne di ghiaccio — specialmente nel Mar polare artico — sia per la densità molto variabile del ghiaccio, più o meno ricco di bolle d'aria. A questo riguardo giova ricordare le osservazioni del dott. Steenstrup. In una massa d'acqua marina alla temperatura di — 1°,3, il cui grado di salsedine era 33,2 per mille, egli immerse parecchie specie di ghiaccio, e trovò tra la parte galleggiante e la parte sott'acqua i seguenti rapporti (in volume) (2):

1° Ghiaccio bianco di ghiacciaio, ricco di bolle d'aria (3)	1 : 7,41
2° Ghiaccio di ghiacciaio, trasparente, senza bolle d'aria	1 : 8,23
3° Ghiaccio di acqua dolce	1 : 8,22
4° Ghiaccio di mare	1 : 4,29

(1) Facendo $p = 0,91$ secondo la determinazione dell'Heinrich poco diversa da quella del Bunsen (0,9167) e $p' = 1,027$, si ottiene $x = 7,7\,a$.

(2) KEIM, *Gletscherkunde*, pag. 278.

(3) Questa specie di ghiaccio contiene, per ogni chilogramma, 71 centimetri cubi d'aria, composta di 16 parti, per 100, di ossigeno.

In un prisma regolare di ghiaccio di ghiacciaio (N. 1 e 2) il rapporto della parte emergente alla sottomarina oscilla adunque tra 1 : 7 e 1 : 8. Per i ghiacci galleggianti di forma piramidale, il rapporto è maggiore ed oscilla tra 1 : 4 e 1 : 7. Pertanto le montagne di ghiaccio, alte sino a 120 e 150 metri, che si incontrano nelle vicinanze dell'Isola di Terranuova potrebbero avere sino a 1000 metri dalla cima alla base. Ciò non toglie tuttavia alcun dubbio sulla provenienza di quelle enormi masse, quantunque i ghiacciai della Groenlandia, che sono di gran lunga i più ricchi dispensatori di *icebergs*, non sorpassino che raramente parecchie centinaia di metri alla loro estremità libera. Imperocchè, anche non tenendo conto della circostanza che questi *icebergs* possono derivare da masse più potenti, ancora sconosciute, è a osservare, col De Lapparent, che una massa di ghiaccio dapprima orizzontale e per conseguenza da nulla trattenuta nella sua lunghezza, può, nel momento in cui essa si affonda, prendere una posizione verticale, di modo che l'altezza di un *iceberg* non indica necessariamente la potenza verticale del ghiacciaio che gli diede origine (1).

Siccome le montagne di ghiaccio del Mar polare artico non sono altro che porzioni terminali di ghiacciai, così hanno tutti i caratteri del ghiaccio di ghiacciaio, quali sarebbero una certa stratificazione, i resti di rocce che essi traspor-

(1) De Lapparent, *Traité de Géologie*, pag. 301.

tano specialmente nel loro fondo originario, e le numerose spaccature (1). E qui sorge una questione ancora controversa a proposito del secondo punto.

Pare a prima giunta che gli icebergs debbano essere, come i ghiacciai terrestri, carichi di resti di rocce, i quali, disseminandosi sopra tutta la superficie del fondo corrispondente al cammino degli icebergs di mano in mano che il ghiaccio si sciǒglie, contribuiscano in modo sensibile all'innalzamento del fondo marino. Secondo il Maury, questa è l'origine dei Banchi di Terranuova. E l'illustre Weyprecht è della stessa opinione: " I Banchi di Terranuova, egli dice, quelli al sud delle Spitzbergen, ed altri molti debbono probabilmente, almeno in parte, la loro formazione alle montagne di ghiaccio, le quali, sciogliendosi al loro incontro con acque più calde, depositano il carico trasportato dal nord. Nel corso di migliaia d'anni possono per tal maniera avvenire estesi innalzamenti del fondo marino " (2). Anche il Boguslawski ammette la stessa origine dei Banchi di Terranuova, là ove dice che alla loro entrata nella Corrente del Golfo le montagne di ghiaccio si sciolgono a poco a poco, e la-

(1) Krümmel, *Der Ozean*, pag. 144.

(2) Weyprecht, *Die Metamorphosen des Polareises*, pag. 13, e *Bilder aus dem hohen Norden*, nel vol. 21 (1875) delle *Geogr. Mitt.*, pag. 349; Heim, *Gletscherkunde*, pag. 282 e 283.

sciano cadere nel mare i resti di rocce di cui sono carichi (1).

Per altro lato, non pochi autori negano assolutamente l'azione degli icebergs nella formazione dei Banchi di Terranuova e di altri consimili. Si noti innanzi tutto, che i numerosi ghiacciai delle terre polari (Groenlandia, Spitzberg, Terra di Francesco Giuseppe) terminano generalmente con pareti quasi verticali molto sviluppate in lunghezza. Così il ghiacciaio *Dove*, sulla costa occidentale della Terra di Wilczeck (Terra di Francesco Giuseppe), ha una parete terminale foggiata a *falaise* e larga 60 chilometri (2): il ghiacciaio di *Humboldt* (Groenlandia) ha una larghezza di 151 ch. ed una scarpa terminale che Elisha Kane descrive come una gradinata gigantesca di 90 metri di altezza. Sopra simili masse di ghiacci la formazione morenica deve necessariamente essere molto limitata, giacchè i materiali morenici non possono provenire che da pareti molto incassate, e queste pareti, se per avventura esistono, sono discontinue e molto distanti le une dalle altre, in modo da non poter disseminare sulla superficie del ghiacciaio che un piccolissimo numero di frammenti. Mancano adunque nei ghiacciai delle terre

(1) Boguslawski, *Handbuch der Ozeanographie*, vol. I, pag. 269. V. anche Penck, *Die Morphologie der Erdoberfläche*, II, pag. 513.

(2) Le recenti esplorazioni della Terra di Francesco Giuseppe mettono in dubbio la esistenza di questo ghiacciaio, designato dalla seconda spedizione Austro-Ungarica col nome del grande meteorologo tedesco.

polari le morene frontali o terminali propriamente dette: tutto al più vi ha qualche rudimento di morene laterali (1). A queste considerazioni, che diremmo di ordine morfologico, un'altra se ne aggiunge fondata sulla climatologia. Le montagne di ghiaccio non possono essere cariche di materiali solidi per la ragione, che esse hanno la loro origine in regioni polari, nelle quali le rocce, protette da una calotta eterna e continua di ghiaccio, non soffrono che una erosione minima. Un freddo non interrotto, qualunque sia la sua intensità, non produce alcuna erosione; questa è bensì dovuta alle variazioni di temperatura al disopra e al disotto del punto di congelazione, ed è tanto più forte quanto più frequenti sono tali variazioni. Questa teoria è confermata dalla osservazione diretta. Gli *icebergs* incontrati dal signor Helland nelle vicinanze della Groenlandia, dal dott. Wallich nell'emisfero antartico, dalla spedizione del *Challenger*, dal signor Martins nelle due campagne a bordo della *Recherche*, dal signor Thoulet nel dintorni di Terranuova, non portavano alla loro superficie alcuna materia solida (2).

Se adunque le montagne di ghiaccio contribuiscono efficacemente alla modificazione dei climi, non è lecito ammettere che esse abbiano una parte molto attiva nella disseminazione, sul fondo

(1) De Lapparent, *Traité de Géologie*, pag. 299.

(2) Thoulet, *Sur la structure et la genèse des Bancs de Terre Neuve*, nel *Bollettino della Società geografica di Parigi*, 1889, pag. 221.

del mare, dei materiali provenienti dalla degradazione delle terre emerse. A guisa dei ghiacciai donde essi hanno origine, gli *icebergs* hanno, come strumento di trasporto, una importanza molto secondaria (1). Quanto ai Banchi di Terranuova, pare ora dimostrato, anche dalle prove litologiche colà raccolte, che, ben lungi dall'essere formati di frammenti delle morene groenlandesi, lo sono invece di rocce provenienti dalla stessa Isola di Terranuova, soprattutto dalla costa occidentale, e trasportate dai ghiacci costieri (2).

Le montagne di ghiaccio hanno sovente dimensioni enormi. Lo Steenstrup misurò un iceberg dell'altezza media di 45 metri (76,6 m. di massima altezza), avente una sezione di 41.000 mq alla superficie del fiord, un volume (della parte galleggiante) di 2.000.000 metri cubici, ed un volume totale di 18 milioni di metri cubici. Molti icebergs furono misurati dai signori Hammer ed Helland, aventi un volume da 10 a 30 milioni di m. c.: altri autori parlano di montagne di ghiaccio di 50 milioni di m. c. (3).

Le terre polari più ricche di ghiacciai sono, come già si è avvertito, nella parte del Mar polare artico corrispondente all'Atlantico. È adunque in questo Oceano che le correnti polari trasportano il maggior numero degli icebergs. Le coste europee bagnate dal Gulf-Stream non veggono

---

(1) De Lapparent, *op. cit.*, pag. 303.
(2) Thoulet, *Océanographie statique*, pag. 461 e *Mem. cit.*
(3) Hehm, *Gletscherkunde*, pag. 278.

mai di queste montagne: per contro, gli icebergs trasportati dalle correnti dello Stretto di Davis e del Mare della Groenlandia si spingono, nella parte occidentale dell'Atlantico, sino alla minima latitudine di 37°, che è quella stessa della Sicilia e della Spagna meridionale (1). Gli *icebergs* mancano quasi totalmente al Pacifico settentrionale, perchè i ghiacciai, che al nord dello Stretto di Bering giungono sino alla spiaggia, sono di assai piccole dimensioni. L'area dei distretti dell'emisfero Nord che sono soggetti alla azione dei ghiacci marini è calcolata dal Penck in 21 milioni di chilometri quadrati.

Mentre nella regione artica il ghiaccio di mare è immensamente superiore al ghiaccio di origine terrestre proveniente quasi tutto dalla Groenlandia, nella regione antartica succede precisamente il contrario. In questo fatto si riconosce, anco una volta più, l'effetto della differenza che passa tra i due emisferi boreale ed australe per rapporto alla distribuzione delle terre e delle acque. L'emisfero boreale presenta un mare polare chiuso ed una fronte polare dei continenti: nell'emisfero australe si ha un continente polare (od un arcipelago polare) chiuso ed una fronte polare degli Oceani (2). Le isole ed i lembi dei continenti (europeo, asiatico, americano) posti tutto all'intorno del bacino polare hanno un clima conti-

(1) La latitudine più comune alla quale, si sciolgono le montagne di ghiaccio definitivamente, è di 43°.

(2) Fricker, *Die Antarktis*, pag. 192.

nentale povero di pioggie, le masse di neve sono generalmente troppo piccole per bastare a coprire di ghiaccio le parti emerse, e perciò nella state riesce possibile lo scioglimento delle nevi anche negli strati inferiori: ma, nel medesimo tempo, gli *icebergs* vengono ad avere, nei ghiacci artici, una importanza secondaria. Nella regione antartica invece anche nella state le temperature sono molte basse, e non sono tali da favorire lo scioglimento delle nevi; per contro, a cagione dell'Oceano perfettamente aperto, si manifesta alla superficie un continuo e forte movimento, il quale si oppone alla formazione di strati di ghiaccio molto estesi: quivi pertanto predominano gli *icebergs*, ed il ghiaccio di mare non ha che una estensione relativamente piccola.

Nel loro complesso le montagne di ghiaccio dei mari antartici tendono ad assumere una forma tabulare. Questo fatto, sul quale già Reinoldo Forster, or sono più di cento anni, aveva fissato l'attenzione dei geografi e degli esploratori, venne non solo confermato, ma ben anche generalizzato dalle spedizioni di Giacomo Ross, del Wilkes (anno 1840), del *Challenger*. L'*iceberg* delle alte latitudini australi è generalmente molto regolare, piano alla parte superiore, e con pareti verticali, tale insomma da presentare la figura di un parallelepipedo. Le dimensioni sono enormi: comuni sono gli *icebergs* dalla base lunga da 1 a 2 chilometri; nell'anno 1892 le navi inglesi *Crondale* e *Strathdom* incontrarono, alla bassa latitudine di 45° sud, masse galleggianti quasi

altrettanto impenetrabili quanto le *muraglie* o *barriere di ghiaccio*, che caratterizzano le alte latitudini australi, e lo *Strathdon* navigò per ben 40 miglia nautiche (75 chilometri) lungo una di quelle isole galleggianti. Gli icebergs australi, di mano in mano che si avanzano verso l'equatore, perdono a poco a poco il loro aspetto regolare, e ciò per l'azione delle onde e per la fusione del ghiaccio; la varietà delle forme aumenta, senza tuttavia raggiungere quella caratteristica degli icebergs del nord.

Le dimensioni orizzontali e l'altezza delle montagne tabulari, la quale non di rado giunge, al di là del 60° parallelo, sino a 60 metri (e alcune volte sino a 80 metri), dimostrano il loro intimo legame con una agglomerazione di ghiaccio terrestre che copre la calotta antartica, ed è talmente estesa da non trovare riscontro nell'emisfero boreale. Ciò risulta dalle spedizioni che maggiormente si avanzarono verso il polo Sud, quali sarebbero quelle di Giacomo Ross e del Wilkes. Esse si videro trattenute da una barriera di ghiaccio lunga circa 200 chilometri, dalle pareti verticali, quasi dappertutto più alta di 50 m. e punto interrotta, nella sua uniformità, da spaccature o da sporgenze. Queste barriere di ghiaccio ricingono le coste settentrionali e meridionali della Terra di Luigi Filippo, la Terra di Graham, i singoli distretti della Terra di Enderby, la Terra di Wilkes, le coste nord della Terra Victoria e la spiaggia meridionale del Mare di Ross, infine, molto probabilmente, la Terra veduta da

Giacomo Cook a circa 71° di latitudine S. e alla longitudine occidentale di 105°.

Le muraglie di ghiaccio dimostrano che l'interno della regione antartica è coperto da una calotta di spesso ghiaccio, e che probabilmente la base di questa calotta è continentale. Simile ad un immenso ghiacciaio essa si avanza verso il mare penetrandovi e seguitandone il fondo, di guisa che, quando la parte sommersa è maggiore della profondità, il muro resta sollevato e deve rompersi in *icebergs*, notabili, come già si disse, per la loro forma di parallelepipedi rettangoli. Non sempre però il muro di ghiaccio riposa sul fondo del mare. Ai 23 febbraio dell'anno 1842, trovandosi Giacomo Ross alla latitudine S. di 77° 49′ e alla longitudine O. di 163° 36′, e alla distanza di chilometri 2,8 dal muro di ghiaccio alto colà 33 metri appena, misurò una profondità di 530 metri, la quale certamente non era raggiunta dalla parte sommersa della massa di ghiaccio, alto tutto al più da 250 a 300 metri. Adunque la porzione esterna della barriera antartica può anche riposare direttamente sull'Oceano.

Sono appunto queste barriere di ghiaccio che si opposero sin qui ai tentativi di giungere, nell'emisfero Sud, sino ad altissime latitudini. Mentre, secondo Alessandro Supan, gli spazi ancora sconosciuti nella zona polare artica hanno appena un'area di 5 milioni di chilometri quadrati, quelli della zona polare opposta equival-

gono a circa due volte l'area dell'Europa (1). Nell'anno 1773, e così un anno prima che Cook giungesse alla lat. S. di 71° 10′ (long. O. = 106° 54′) che, secondo lui, non doveva più essere oltrepassata, il capitano Phipps (Lord Mulgrave) toccava nell'emisfero nord la latitudine di 80° 48′. Quarantanove anni dovevano ancora trascorrere prima che fosse dato ad un altro navigatore, il capitano Weddell, di oltrepassare di 3° 5′ il *non plus ultra* predetto dal Cook; diciannove anni dividono la spedizione del Weddel (anno 1823) da quella di Giacomo Ross (1842), nella quale fu toccata la latitudine di 78° 10′, non oltrepassata che nel 1899, cioè cinquasette anni dopo, dalla spedizione polare del Borchgrevink (a bordo della nave *Southern-Cross*), nella quale si raggiunse, sulla terraferma, la latitudine di 78° 50′ (2). Nel bacino polare artico si toccò, relativamente presto, la latitudine di 80° 48′, ma il progresso fu in seguito assai lento, poichè ci vollero ben 122 anni per guadagnare nella direzione del polo nord il tratto di 607 chilometri, inferiore di 63 ch. a quello guadagnato nell'emisfero australe in 68 anni (dal 1774 al 1842). Ecco difatti quali furono i pro-

(1) L'area degli spazi artici ancora sconosciuti venne calcolata dal Trognitz in base alla tavola 3 del volume 43 (1897) delle *Geographische Mitteilungen* che illustra l'articolo del Supan dal titolo *Unbekannte Polargebiete* (pag. 15 e segg.).

(2) *Geogr. Mitt.*, vol. 46 (1900), pag. 96. La latitudine toccata dalla *Southern-Cross* (Croce del Sud) fu di 78° 34′.

gressi, in latitudine, dal viaggio del Phipps a quello del Nansen:

Phipps (1773) . . .	80° 48′				
Scoresby (1806) . .	81° 30′	Progresso	0° 42′ =	78	chil.
Parry (1827)	82° 45′	„	1° 15′ =	139,5	„
Markham (1876 . .	83° 20′	„	0° 35′ =	65	„
Lockwood (1882) . .	83° 24′	„	0° 4′ =	7,5	„
Nansen (1895) (1) .	86° 14′	„	2° 50′ =	316,5	„

Nei ghiacci galleggianti delle regioni antartiche si distinguono due zone, l'una interna, l'altra esterna. Nella prima gli *icebergs* sono comuni; nella seconda si mostrano solamente nei così detti *anni di ghiaccio*, i quali si succedono irregolarmente, separati l'uno dall'altro da intervalli abbastanza lunghi. In questi anni di ghiaccio gli *icebergs* si avanzano verso l'equatore anco più di quelli dell'emisfero settentrionale. Nel secolo 19° sono notabili gli anni 1834, la state del 1839 e del 1840, gli anni 1844, 1850, 1855 e 1856, 1867, 1868-69 e 1878-79. Specialmente nella state degli anni 1855 e 1856 i ghiacci galleggianti giunsero a latitudini molto basse; tanto nell'Oceano Indiano quanto nel Pacifico oltrepassarono il parallelo 40° Sud, e molti giunsero in vista del Capo di Buona Speranza, alla latitudine di 34° 45′ (2). Negli anni 1878 e 79 molto ghiaccio

(1) V. Prefazione.

(2) Nell'aprile del 1894 il brigantino *Dochra* trovò ancora un pezzo di ghiaccio alla bassa latitudine di 26° 30′, il quale sporgeva dall'acqua 5 centimetri, e, quantunque già vicino al suo scioglimento, avrebbe potuto giungere tuttavia sino a latitudini molto minori. V. Günther, *Op. cit.*, pag. 538 del volume secondo.

si accumulò nella parte sud-ovest dell'Atlantico, ove non poco molestate furono le navi dirette al capo Hoorn, ed appunto nella state parecchie di esse calarono a fondo distrutte. Notiamo che nelle vicinanze del medesimo promontorio quasi si confondono le linee che limitano le due zone interna ed esterna. Le cause di queste irregolarità nello scioglimento degli icebergs, e del maggiore o minore distacco di questi dalla grande barriera australe ci sono ancora ignote.

I ghiacci di origine marina sono comunemente designati col nome di *Campi di ghiaccio*, a cagione della loro disposizione orizzontale. Questo nome corrisponde all'*Icefield* degli Inglesi, all'*Eisfeld* dei Tedeschi. Le parti di un campo di ghiaccio prendono, a seconda della loro grandezza, i nomi di *Campi* propriamente detti *(Felder)* di *Flarden*, di *zolle (Schollen)* e di *frammenti (Brocken)*. Il Weyprecht chiama *Flarde* ogni campo il cui circuito non sia maggiore di un miglio nautico (1850 m.) e *Schollen* le parti di una Flarde. I frammenti sono i pezzi più piccoli. Gli Inglesi danno il nome di *floes* alle Flarden e alle Schollen, e quello di *pancakes* ai pezzi di ghiaccio che, in seguito ad una prolungata e mutua confricazione sono ridotti ad avere un diametro compreso tra alcuni metri e alcuni decimetri. I pancakes sarebbero adunque i Brocken, o frammenti di ghiaccio, E, per analogia cogli icebergs, la nomenclatura inglese ha il nome di *floebergs* per indicare le masse di floe, che si innalzano sino ad una ventina di metri dalla superficie del mare.

Notiamo ancora i nomi di *packeis* (pack-ice degli Inglesi), di *Treibeis*, di *Eisgasch* e di *Waken* (1). Il *Packeis* è un agglomeramento di parecchi campi, di una immensa estensione, e sovente vecchio di parecchi anni. Esso riempie le parti interne del bacino polare. Il *Treibeis* (ghiaccio di deriva o natante) si compone di piccole Flarden, di zolle e di frammenti, e trovasi dappertutto là ove si toccano il ghiaccio ed il mare libero. L'*Eisgasch* è l'insieme delle zolle e dei frammenti che si aggirano quà e là in mezzo ai campi. Finalmente si dà il nome di *Waken* agli spazi liberi, più o meno estesi, che separano l'uno dall'altro due campi, o due Flarden, o due zolle.

Col principio dell'inverno, che dura dal settembre a tutto maggio, l'abbassamento della temperatura è cagione del congelamento dei *waken*, ed i singoli pezzi di ghiaccio, che non si liquefecero durante la breve estate, si cementano, per così dire, in campi compatti. Alla superficie di questi ben presto si formano numerosi *crepacci* (Risse) e *fessure* (Sprünge), e ciò per causa delle tensioni interne del campo di ghiaccio, alla loro volta prodotte dai movimenti (o di deriva o rotatori), dalle pressioni che le zolle esercitano le une contro le altre (Eispressungen), dal vento, dalle correnti e dalle grandissime differenze che si manifestano al principio dell'inverno (settembre e ottobre), quando il ghiaccio non è ancora coperto di neve, o lo è

(1) I due ultimi, proposti dal Weyprecht, sono ora comunemente adottati dai geografi e dai marinai tedeschi.

debolmente (1). I crepacci non penetrano in tutto lo spessore del ghiaccio, e generalmente hanno poco sviluppo nella lunghezza. Essi sono numerosissimi, e si incrociano talmente gli uni cogli altri, che sarebbe difficile trovare in tutta la estensione del campo di ghiaccio uno spazio di un metro quadrato che ne sia privo. Le fessure invece si estendono rettilineamente attraverso tutti gli ostacoli e per tutto lo spessore del ghiaccio; la loro larghezza è variabile, comunemente non superiore ad un centinaio di metri. Sono le fessure che dànno passaggio all'acqua, la quale, da liquida che essa era nei *Waken*, si congela e dà origine al nuovo ghiaccio, il cui spessore, variabile, non giunge a 2 metri se non quando la sua formazione è continua a cominciare dal settembre. E così un *icefield* può essere considerato come un conglomerato di masse accumulate dalle pressioni e cementate dal giovine ghiaccio (2).

Col ritorno della primavera incomincia la fusione, dapprima quasi insensibile e limitata allo strato di neve che difende il ghiaccio, in seguito, verso il maggio, assai più rapida, per essere lo strato di neve già scomparso per la massima parte. Si formano allora i *waken*: inoltre l'acqua proveniente dallo scioglimento della neve si raduna sul campo di ghiaccio in piccoli laghi e ruscelli i quali, ingrossati dalle acque dei ghiacci

(1) In 24 ore la temperatura può, in certe circostanze, variare di 40 gradi.

(2) Thoulet, *op. cit.*, pag. 473.

in fusione, si gettano poi nel mare. Le zolle, messe in movimento dai ghiacci e dalle correnti, non si accumulano, come succede nell'inverno, ma, strisciando le une delle altre, si corrodono vicendevolmente e diminuiscono sempre più nelle loro dimensioni. Non poche zolle però, che nella state precedente conservarono, ad onta della fusione, un certo spessore, aumentano sotto l'azione delle basse temperature invernali, e possono nella seconda estate non solamente resistere quasi per intero alla fusione, ma ancora mantenersi ad uno spessore notabile. Col nuovo inverno si forma il nuovo ghiaccio: le masse delle zolle che si mantennero pressochè intatte, e non furono trasportate lungi dalle correnti, si uniscono in campi più estesi. Ricomincia tra questi la lotta furibonda, e con essa si rinnovano gli accumulamenti e gli scompigli nella disposizione e nella forma dei ghiacci. E così si ripetono di anno in anno queste successive metamorfosi.

Durante la state i materiali provvisti dall'inverno sono solamente in parte distrutti dalla fusione, e ciò a cagione della breve durata della prima stagione in confronto di quella della seconda. Così essendo, parrebbe a prima giunta che aumentando continuamente la massa solida, le regioni polari dovessero finalmente convertirsi in un solo e indistruttibile campo di ghiaccio. Ma ciò non è punto, e la ragione ne è facile. Se l'acqua marina gela rapidamente, il che succede quando per un freddo molto intenso il ghiaccio viene a spaccarsi e l'acqua dagli strati inferiori penetra

nelle spaccature, colla solidificazione di questa quasi tutto il sale rimane chiuso nel ghiaccio. Ma comunemente questo processo si compie assai lentamente, cosichè solamente uno strato superficiale di pochi centimetri di spessore contiene ghiaccio salato, mentre il ghiaccio sottostante rimane quasi libero di sali. Nel momento della solidificazione, cioè, la salsedine è separata dalle particelle liquide, ed è comunicata alle acque più profonde, le quali perciò diventano più salate. Con ciò esse si congelano più difficilmente: inoltre coll'aumento dello spessore nello strato di ghiaccio le acque inferiori riescono sempre meglio difese contro l'influenza della temperatura bassa dell'aria. Adunque nei Mari polari i ghiacci non possono aumentare illimitatamente, sì soltanto sino ad uno spessore massimo, al disotto del quale la temperatura dell'aria non ha più alcuna influenza. Questo spessoro massimo, che il ghiaccio raggiunge in un inverno, è calcolato dal Weyprecht da 2 metri a 2 metri e mezzo.

Le numerose osservazioni fatte durante le spedizioni polari, dal 1872 in poi, lasciano luogo ad alcune importanti considerazioni.

a) La differenza nei massimi spessori del ghiaccio formatosi in un solo inverno dipende non solo dalle bassé od alte temperature invernali, ma eziandio da condizioni idrografiche e meteorologiche locali. Se l'acqua è profonda ed in continuo movimento, meno spesso è lo strato di ghiaccio: il contrario succede nei golfi e nei porti ben difesi, nei quali poco sensibili sono le

azioni delle correnti e delle maree. Esempio di ciò abbiamo nel Floeberg-Beach e nella baia Discovery, il primo ben difeso, la seconda aperta, ed amendue colla temperatura invernale di — 27° C. Nel Floeberg-Beach lo spessore massimo è di 2 m., nella seconda di un metro appena (1).

b) Lo spessore cresce da principio celeremente, in seguito più lentamente, specie quando si è vicini al momento in cui esso raggiunge il suo limite massimo.

c) Dal paragone della somma delle temperature giornaliere invernali collo spessore del ghiaccio e coll'aumento di questo, il Weyprecht deduce che, qualunque sia la profondità alla quale possa giungere la temperatura media dell'inverno, il ghiaccio non può mai superare lo spessore da 6 a 7 metri, anche se durante la state non si manifestasse alcuna fusione alla superficie, ammesso però che le temperature dell'interno del bacino artico non siano diverse da quelle osservate insino ad oggi nelle contrade polari conosciute (2).

d) Gli ammassi di altezza maggiore si debbono generalmente attribuire alle pressioni e agli urti dei ghiacci.

e) Si può dire che il ghiaccio polare non

---

(1) Il Floeberg Beach e la Baia Discovery sono i due luoghi di sverno dell'*Alert* e della *Discovery* durante la spedizione inglese diretta dal capitano Nares (anni 1875-76).

(2) Weyprecht, *Die Metamorphosen des Polareises*, pagine 138-142.

è mai in istato di perfetto riposo: Dice il Weyprecht nella sua opera citata (pag. 203). " Tutto il ghiaccio del distretto polare è un ghiaccio natante di deriva: i suoi motori sono i venti e le correnti ". Solamente lungo le coste è una cintura di ghiacci che non si scioglie mai: è questo il cosidetto *piede di ghiaccio* (*Ice-foot* degli Inglesi, *Eisfuss* dei Tedeschi, *banquette* dei Francesi). Esso è, secondo alcuni, formato dalla congelazione, sul posto, dell'acqua di mare; secondo altri, tra cui il capitano Nares, lo è dalla accumulazione delle nevi autunnali cacciate dal vento, le quali incontrano l'acqua salata ad una temperatura inferiore a quella del congelamento dell'acqua dolce, per la qual cosa i fiocchi di neve si rapprendono in una crosta solida. L'aspetto tipico del piede di ghiaccio, nello stretto di Smith, è quello di un terrazzo appianato, di larghezza variabile da 6 a 100 metri, a terminante al mare con un muro verticale dell'altezza di 3 o 4 metri.

f) Quanto lungamente possa durare il ghiaccio polare se posto in movimento da correnti fredde, è provato da alcune *derive* celebri nella storia delle navigazioni dirette al Polo Nord. Nell'anno 1777 la nave olandese *Wilhelmine* fu presa dai ghiacci verso la latitudine nord di 79 gradi; i 350 uomini dell'equipaggio distribuiti in nove scialuppe furono, dal giugno all'ottobre, trasportati verso mezzogiorno, sino alla latitudine di 63°, ma ridotti a soli 140 che poterono felicemente giungere agli stabilimenti danesi della Groenlandia occidentale.

In 110 giorni il ghiaccio aveva dunque compiuto un viaggio di 1900 chilometri. Le navi *Advance* e *Rescue*, comandate dal De Haven, dal 14 settembre 1850 al 15 giugno 1851, furono trasportate dal canale di Wellington (lat. = 75°) alla Baia di Baffin $\left(\text{lat.} = 66° \frac{1}{2}\right)$ per lo Stretto di Barrow e il Lancaster-Sund. La nave *Resolute*, abbandonata dall'equipaggio nel maggio del 1854 ad oriente dello stretto di Barrow, venne, nel settembre del 1855, trovata nella parte meridionale dello stretto di Davis. La zolla di ghiaccio, alla quale si erano affidati 14 tra i superstiti della spedizione della *Polaris* fu dallo stretto di Smith $\left(\text{lat.} = 77° \frac{1}{2}\right)$ trascinata verso mezzogiorno sino alla lat. di 53° $\frac{1}{2}$, ove l'equipaggio potè essere salvato dalla nave *Tigress*. La deriva durò più di sei mesi, dal 15 ottobre 1872 al 29 aprile del 1873. In fine ricordiamo la deriva della nave *Hansa* (nella seconda spedizione tedesca alla costa orientale della Groenlandia) per il tratto di circa 2000 ch. nella direzione del sud-ovest, percorso in 243 giorni (1).

---

(1) Secondo il dottore Börgen, la velocità della deriva sarebbe in media di 7 chilometri e mezzo al giorno. Stando a questa valutazione, certamente troppo piccola, si verrebbe a questa conseguenza, che in ogni anno una superficie di ghiaccio, dell'area di 226 mila chilometri quadrati, discende dalle regioni artiche per liquefarsi poi nei mari caldi del mezzodì. Il dottore Dorst calcola la velocità della deriva a 15 o 18 chilometri al giorno, e

g) Quasi senza eccezione i ghiacci si affollano assai più sulle coste orientali dei paesi polari. Così nella Novaia Semlia, nella Terra di Francesco Giuseppe, nelle Spitzbergen, nella Groenlandia, e nelle numerose terre polari che si innalzano al nord dell'America artica. Solo lungo le coste occidentali di questi paesi, specialmente della Groenlandia, venne dato ai navigatori di giungere sino ad alte latitudini. Dalle enormi masse di ghiaccio, quasi in ogni dove impenetrabili, che coprono la costa orientale della Groenlandia, ed anche lo Stretto di Danimarca, si poteva dedurre, anco prima dei viaggi del Peary, che quel paese polare non può a meno che essere un'isola, contrariamente a quanto già supponeva Augusto Petermann, che cioè esso si estendesse senza interruzione sino al di là del polo artico, per unirsi infine con una delle terre situate dirimpetto alla costa settentrionale della Siberia (1). Se si verificasse l'ipotesi dell'illustre

---

ammette che una superficie di circa 3 milioni di chilometri quadrati passi annualmente tra la Groenlandia e l'Islanda. V. Boguslawski, *op. cit.*, pag. 379 e *Geogr. Mitt.*, 1877, pag. 181, nell'articolo *Die Eisbewegungen im Grönländischen Meere.*

(1) V. *Geographische Mitteilungen*, vol. 14 (1868), tavola 12. E nel vol. 22 (anno 1876) il Petermann dice, a proposito della spedizione polare inglese condotta dal capitano Nares: " Tutti i nuovi indizi confermano la mia ipotesi, che la Groenlandia si estende sino al polo Nord, e anzi al di là, forse sino alla Terra di Kellett e alla costa della Terra di Wrangel nelle vicinanze dello stretto

geografo di Gotha, le acque della Groenlandia orientale sarebbero, nella state, quasi libere assolutamente di ghiacci.

h) Negli stretti che si aprono in mezzo alle numerose terre polari americane, ma specialmente a settentrione dello Stretto di Smith e del Canale di Robeson, le zolle ed i campi di ghiaccio non cangiano, durante l'anno, che di pochissimo nella loro posizione, e raggiungono, in forza della vicendevole pressione, uno spessore da 25 a 50 m. Sono questi i *floes*, che Giorgio Nares, comandante della spedizione inglese degli anni 1875-76, ritiene come immobili da anni ed anni, e che egli chiama perciò *Paläocrystic floes* vale a dire *floes di ghiaccio antico* (παλαιός antico e κρύσταλλος, ghiaccio). A proposito di che si osservi, che i ghiacci polari sono da una stagione all'altra soggetti a cambiamenti considerabili, e che le osservazioni fatte durante un anno nulla provano per gli anni successivi. Il capitano Hall, comandante della *Polaris* (anno 1871), percorse in tre giorni lo spazio che separa lo Stretto di Smith dalla estremità del Canale di Robeson: il capitano Nares vi impiegò un mese, lottando continuamente contro enormi banchi di ghiaccio. La conclusione del Nares pare adunque esagerata, e di questo parere è il capitano Weyprecht, il quale, nel suo lavoro sulle *Metamorfosi del ghiaccio polare*, così

---

di Bering „. E nella tavola 24 annessa all'articolo del Petermann, la Groenlandia è, conformemente all'ardita ipotesi, estesa sino al di là del Polo Nord.

si esprime: “ Non vi è ghiaccio eterno, come non “ vi sono alberi eterni o uomini dalla età di 1000 “ anni „ (1). E in un precedente lavoro lo stesso Weyprecht così conchiude: “ Le montagne e le “ distese di ghiaccio, per quanto grandi siano, “ sono destinate alla distruzione, poichè nella na- “ tura nulla vi ha di eterno. Essa distrugge “ senza posa le cose esistenti per poterne creare “ di nuove, e ciò tanto nelle regioni polari quanto “ nelle tropicali „ (2). Nè diverso è il giudizio che i risultamenti della sua meravigliosa spedizione dettano a Fridtiof Nansen: “ Il distretto “ polare artico è un grande e profondo mare (3), “ coperto di ghiacci in continuo movimento. La “ immobilità della calotta di ghiaccio che, secondo “ la generale opinione, coprirebbe le parti più “ settentrionali del globo terrestre, non è am- “ messibile. Tutto è in movimento, l'intero Oceano “ si sposta incessantemente dall'uno all'altro emi- “ sfero, anello della interminabile catena dei “ molteplici fenomeni che la natura ci presenta “ nella sua eterna rivoluzione: il ghiaccio è al- “ trettanto privo di riposo e instabile quanto lo “ sono le teorie umane „ (4).

---

(1) Weyprecht, *op. cit.*, pag. 274.

(2) Weyprecht, *Bilder aus dem hohen Norden*, in *Geogr. Mitt.*, vol. 21 (1875), pag. 406.

(3) V., a questo proposito, la restrizione di cui a pag. 84.

(4) F. Nansen, *Durch das Polargebiet* in *Verhandlungen der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin*, vol. 24 (1897), pag. 264.

i) Il viaggio in islitte del Nansen e del Johansen sino alla latitudine di 86° 14′ (verso la longitudine orientale di 95°) e di là alla Terra di Francesco Giuseppe, e la navigazione e la deriva del *Fram*, rendono sempre più probabile la opinione che le future spedizioni polari artiche non saranno coronate dalla scoperta di terre molto estese (1).

l) La questione, da molti anni dibattuta, sulla esistenza di un mare libero ad altissime latitudini, deve essere risolta in senso negativo. È bensì vero che, a detta del Morton (2), un bacino perfettamente libero di ghiacci si estenderebbe dal Capo Constitution nelle direzioni del settentrione e di oriente. Ma già nel 1855 il dottore Augusto Petermann contestava questa asserzione del Morton, ed esciva in queste parole: " Un mare libero di ghiacci (sotto quelle latitu- " dini) è fisicamente altrettanto impossibile quanto " la esistenza di una foresta di faggi senza foglie, " di un lago senz'acqua o di una Savanna priva " di qualsiasi vegetazione. Ciascuna parte del Mar " polare può bensì essere per qualche tempo li- " bera ed aperta, ma nessuna, per quanto grandi " siano la sua estensione e la sua profondità, lo " può essere in ogni tempo e totalmente " (3).

(1) Ciò venne pure confermato dall'arditissimo viaggio del capitano Umberto Cagni, dalla Baia Teplitz alla latitudine N. di 86° 33′.

(2) Membro della spedizione dell'*Advance* (anni 1853-55) diretta da Elisha Kane.

(3) *Geogr. Mitt.*, 1855, pag. 29; 1876, pag. 459.

E il Rachel, esponendo i risultamenti della spedizione Greely (1881-84) che visitò i medesimi luoghi già esplorati dall'*Advance*, dice: " Il Mar
" polare, sulla cui esistenza (intendi; come mare
" libero) appena si dubitava, è inaccessibile alle
" navi, ed è anche assolutamente inadatto ai
" viaggi in islitte, a cagione dei molti luoghi
" aperti „ (1).

m) Il distretto circumpolare al nord della Siberia, della Groenlandia e dei numerosi arcipelaghi dell'America artica, è un mare coperto di ghiacci che cangiano di continuo nella loro giacitura, di guisa che là ove un navigatore si è imbattuto, per avventura, in un bacino aperto, un altro può trovare, nell'anno seguente, zolle più o meno estese o tutto un insieme di masse di ghiaccio accumulate e compresse le une alle altre (2). Sotto l'aspetto pratico, tutti questi luoghi aperti (le cosidette *Polinie*) non hanno alcun valore, e forse, come dice il Supan (3), è ancora riservato agli aeronauti di radunare sopra quelle lontane regioni i risultamenti più importanti.

Se è lecito giudicare in base ad osservazioni fatte a molti anni d'intervallo, pare che nella parte del bacino antartico in cui si svolsero le

---

(1) Rachel, *Aus Amerika*, in *Gaea*, vol. 20, pag. 648, citato dal Günther nella sua opera *Lehrbuch der Geophysik*, 2ª ediz., vol. 2°, pag. 551.

(2) Günther, *loc. cit.*

(3) Supan, *Grundzüge der physischen Erdkunde*, pag. 271.

navigazioni di Giacomo Ross negli anni 1841 e 1842 le condizioni dei ghiacci siano abbastanza stabili: per la qual cosa, se si trattasse di raccogliere qualche indizio sulla configurazione della supposta Terra australe, la scelta meglio adatta allo scioglimento della questione toccherebbe appunto a quella parte del bacino polare. Il 1° gennaio del 1841 il Ross giunse, sotto la latitud. S. di 66° 32′ e la longitudine E. di 169° 43′, al lembo della cintura esterna del *Pack-ice*, e otto giorni dopo si trovò nuovamente nel mare libero (latitudine S. = 69° 15′; long. E. = 176° 15′) estendentesi, a mezzogiorno, sino alla barriera di ghiaccio. Ora, dal 7 dicembre 1894 al 14 gennaio 1895, la nave *Antarctic* (capitano Kristensen), a bordo della quale era il Borchgrevink, fiancheggiò la cintura del *Pack-ice* tra i punti aventi l'uno la latitudine S. di 65° 11′ e la long. E. di 168° 39′, e l'altro 69° 50′ di latitudine S. e 175° circa di longitudine orientale. Questo accordo è tanto più notabile, in quanto che le condizioni meteorologiche dell'estate del 1894-95 furono ben diverse da quelle dell'estate del 1841. Inoltre afferma il capitano dell'*Antarctic*, che la minima estensione in larghezza del *Pak-ice* corrisponde alla longitudine orientale di 179 gradi, di guisa che si può per quella via giungere senza difficoltà al golfo libero che si apre ad occidente della Terra Victoria (1). Se adunque esiste un continente an-

(1) *Journal, Notes and Adresses on te voyage of the Norvegian S. S. " Antarctic " to the South Polar Sea*

tartico, lo si debbe cercare qui, ove dall'un lato la Terra Victoria si unisce colla Terra di Wilkes, e dall'altro, a nord-ovest della barriera di ghiaccio, furono trovati indizi della esistenza di una Terra elevata (1). Altre ipotesi, quale sarebbe quella di congiungere l'accennata massa di terraferma colle terre di Kemp, di Enderby, di Graham e di Alessandro I, potrebbero porre le esplorazioni su di una strada falsa e molto più incerta (2).

Se poi si ha intenzione di avvicinare il più che sia possibile il Polo Sud, la strada più rascomandabile sarebbe quella tenuta dal Weddel

---

1894-95, Melbourne, 1895, pag. 28. Lavoro citato dal Supan in *Geogr. Mitt.*, 1897, pag. 17. V. anche Borchgrevink, *Über die Reise der "Antarctic" nach Victoria-Land*, in *Verhandlungen der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin*, 1895, pag. 614.

(1) Della grande muraglia di ghiaccio che nel 1841 impedì a Giacomo Ross di avanzare più lungi verso il polo, il Borchgrevink non fa parola nella relazione del viaggio del *Southern Cross*. V. *Geogr. Mitt.*, vol. 46 (1900). pag. 148.

(2) Ho già detto in altro luogo (pag. 8) che il Murray attribuisce al continente antartico un'area di 9 milioni di chilometri quadrati. Accenno ora alla carta di questa *Terra australis* costrutta dal Babb in base alle idee e ai concetti del suo compatriotta. Lungo i contorni esterni del continente si succedono le Terre di Graham, di Enderby, di Kemp, di Knox, Sabrina, Clarie, Adelia e Victoria. Un vasto addentramento marino frastaglia la linea costiera tra la Terra di Enderby e quella di Graham spingendosi a mezzodì sino alla latitudine sud di circa 82°: è colà che il Weddell potè nell'anno 1823 spingersi sino alla latitudine di 74° 15'.

nell'anno 1823. È vero che tanto il Dumont d'Urville quanto Giacomo Ross non vi riuscirono, e che quest'ultimo, dopo avere il 14 febbraio del 1843 incrociata la rotta del Weddell sotto il parallelo di 65° 13', in luogo di trovare un mare libero, quale esso era nel 1823, si imbattè in un Pack-ice compatto e assolutamente impenetrabile, donde il navigatore inglese dedusse giustamente che la navigazione del Weddell era stata favorita da una stagione eccezionalmente propizia. E di fatti l'anno 1823 appartiene alla serie di cinque anni, nella quale, dall'anno 1731 all'anno 1885, si ebbero colà le temperature più elevate. Colla serie 1836-1840 incominciò un periodo di freddo che durò fino al 1850. Ora si è nuovamente in un periodo più caldo, come è chiaramente dimostrato dal paragone che il dottore Supan fa tra le osservazioni del Ross e quelle del Kristensen a bordo dell'*Antarctic* (1).

Nelle tavole climatiche del Brückner sono date, per i sei lustri dal 1821 al 1850, le seguenti anomalie rispetto alla media temperatura calcolata per molti anni:

1821-25	+ 0°,56
1826-30	+ 0°,14
1831-35	+ 0°,03
1836-40	— 0°,39
1841-45	— 0°,00
1846-50	— 0°,08

(1) Supan, *Unbekannte Polargebiete*, in *Geogr. Mitt.*, vol. 43 (1897), pag. 18; — *Die meteorologischen Beobachtungen der " Antarctic " im Südlichen Eismeere*, nel medesimo periodico, vol. 41 (1895), pag. 245-247; — *Die Antarktische Forschung*, nel vol. 44 (1898), pag. 68 e 69.

Da ciò si vede, che il viaggio del Weddell cadde appunto nel periodo quinquennale più favorito sotto l'aspetto della temperatura.

Secondo le osservazioni a bordo dell'*Antarctic* la media temperatura dal 15 al 26 gennaio 1895 fu di — 0°,2, mentre le osservazioni del Ross dal 10 al 21 gennaio 1841 condussero ad una media di — 1°,3 per le temperature estreme. E la tabella precedente ci dice infatti, che il viaggio del Ross, contrariamente a quello del Weddell, coincidette con uno dei periodi quinquennali caratterizzati dalle più basse temperature.

Non si sa quanto debbano durare le favorevoli condizioni climatiche, quali risultano dalle osservazioni dell'*Antarctic*. Ad ogni modo, conviene approfittarne al più presto, e con ragione dice il Supan, che in questa più che in qualunque altra circostanza è necessario applicare il proverbio: " Non rimandare a domani ciò che puoi fare oggi ".

Se, per ultimo, predomina il concetto di giungere al Polo Sud per nuove strade, piuttosto che di attenersi a quelle già tenute da altre spedizioni, il progetto più confaciente allo scopo sarebbe quello del meridiano delle Kerguelen, da molti anni propugnato dal dottore Neumayer. È questa la via prescelta dalla spedizione antartica tedesca che, diretta dal dott. Erik v. Drygalski, partirà nell'ägosto del 1901. Una delle regioni principali che hanno consigliato la scelta dell'Oceano Indiano meridionale a teatro della prima parte della campagna antartica sta appunto nei ghiacci galleggianti, i quali dal 1891 al 1894 si mostrarono in grande quantità nell'Atlantico meridionale, donde, procedendo ad oriente, penetrarono nell'Oceano Indiano dal 1894 al 1897, di

guisa che in questo ultimo anno erano vicine alle Kerguelen, cioè in un distretto nel quale solo raramente erano stati visti dapprima. Pertanto c'è motivo a sperare, che dopo la separazione di quelle masse di ghiaccio la navigazione abbia ad esservi molto favorita (1).

Altre ragioni che militano in favore del meridiano delle Kerguelen sono: 1) che in quel luogo non venne mai fatto alcun tentativo per giungere ad alte latitudini; 2) che i lavori magnetici hanno colà la loro base più sicura, a cagione dell'osservatorio di Melbourne e dell'osservatorio tropicale di Mauritius; 3) che i lavori intorno alla oceanografia antartica completerebbero quelli della spedizione della *Gazelle*, e della spedizione della *Valdivia* comandata dal Chun.

Contemporanee della spedizione tedesca saranno le spedizioni scozzese, inglese e svedese. La prima sceglierà a campo principale delle sue indagini il Mare di Weddell, e sarà comandata dal capitano W. S. Bruce, già famigliare colle regioni antartiche che egli visitò, con pescatori scozzesi, nell'anno 1892-93. La spedizione inglese, dalla ancora ipotetica terra conosciuta col nome di *Termination Island* si dirigerà ad oriente per esplorare la fronte nord della Terra di Wilkes, la Terra Victoria, la grande barriera di ghiaccio e il lato dell'*Antarktis* rivolto all'Oceano Pacifico. La direzione dell'impresa sarà affidata

(1) Drygalski, in *Geographisches Jahrbuch*, vol. XXI (1898), pag. 18.

al dott. *Gregory*, ben noto per le sue esplorazioni nelle Spitzbergen e nella contrada montagnosa del Kenia (Africa equatoriale). Il programma della spedizione svedese, dettato dal dott. Otto Nordenskjöld, nipote del celebre esploratore polare, consiste nella esplorazione minuta delle terre polari a mezzodì dell'America meridionale, nello stabilimento di una stazione di svernamento nelle Shetland australi, e nel tentativo — da farsi nella state australe del 1901-1902 — di spingersi il più avanti possibile nella direzione del sud (1).

Ai bacini polari spetta ora il primo posto nel campo delle esplorazioni scientifiche dirette al progresso della Oceanografia. Soltanto colà, difatti, può la Geografia positiva essere arricchita di nuove scoperte, specialmente nel bacino antartico, ove il modo di distribuzione delle acque e delle terre emerse è pur sempre la questione più importante (2). Quanto al bacino artico, le parti

---

(1) *Geogr. Mitt.*, vol. 46 (anno 1900), pag. 24.

(2) V. pag. 7 e seg. Nella tavola 3 del volume 43 (1897) delle *Geographische Mitteilungen*, la quale rappresenta l'insieme delle regioni artiche, il dottore Supan molto ingegnosamente ha segnato con due linee, l'una azzurra l'altra rossa, i limiti respettivi dei distretti artici ed antartici ancora sconosciuti. Per questo modo si può immediatamente riconoscere quale sia stato, per ciascun meridiano, il progresso verso il polo nord e il polo sud. In un solo luogo le esplorazioni antartiche superano quelle effettuate nelle regioni opposte, cioè tra il meridiano 164° orientale ed il meridiano 160° occidentale.

solide che si innalzano sotto alte latitudini, e tra esse la Terra di Francesco Giuseppe, servono egregiamente come altrettanti capisaldi per il navigatore che brami spingersi il più possibile verso il polo, e studiare, per così dire, nel loro luogo di origine, i molti e interessanti fenomeni che si nascondono nelle vicinanze di quel punto matematico della superficie terrestre (1). Tale fu nel 1810, il tentativo di Mattia Hedenström nel bacino polare siberiano, tale nel 1827 quello di Edoardo Parry nelle acque al nord delle Spitzbergen; tale l'impresa cui si accinse animoso il Principe Luigi Amedeo Duca degli Abruzzi, già

Quivi si pongono difatti le navigazioni di Giacomo Ross: nell'emisfero nord quelle del capitano Berry nell'anno 1881 e della *Jeannette*.

(1) Le nostre cognizioni geografiche intorno all'emisfero australe alla fine del secolo 19° si trovano al medesimo livello di quelle che si avevano alla fine del 16° secolo per l'emisfero boreale. Una delle principali ragioni di ciò sta nella distribuzione delle terre e delle acque, e nella estensione dei luoghi abitati. Per grandi tratti la frontiera antartica segue approssimativamente l'andamento dei paralleli: quasi tutte le spedizioni di scoperta si effettuarono pertanto nel senso longitudinale, mentre molte delle spedizioni nella calotta polare artica si svolsero nel senso latitudinale o dei meridiani. V. *Geogr. Mitt.*, 1897, pag. 15. Secondo il Nansen, le spedizioni antartiche sono però meno pericolose delle artiche, per la ragione che tutte le strade conducono al mare aperto, mentre il mar polare artico è un bacino chiuso. V. *Geogr. Mitt.*, 1898, pag. 68. Di parere contrario è il Borchgrevink nella sua relazione sulla spedizione della *Southern-Cross*.

ben noto al mondo scientifico per la sua ascensione del Monte Sant'Elia, nella quale Egli diede splendide prove della sua grande valentìa e di quella fortezza d'animo che è proverbiale nella Sua Casa. Che la fortuna sia propizia a Lui ed ai suoi valorosi compagni in questa ben più ardua impresa, e possa il Suo nome essere ricordato con onore, nella Storia delle esplorazioni polari, a lato di quelli di un Parry, di un Giacomo Ross, di un Nordenskiöld e di un Nansen! (1).

(1) V. *Prefazione*.

APPENDICE

A) **Sulle reliquie della *Jeannette*** (pag. 8).

Intorno alla poca probabilità che alcuni oggetti trovati nell'anno 1884 sulla costa groenlandese nelle vicinanze di Julianehaab appartenessero all'equipaggio della sfortunata *Jeannette*, veggansi: HUGUES, *Il Polo Nord*, pag. 33; *Geographische Mitteilungen*, vol. 42 (1896), pag. 148 e 244. L'esistenza di una corrente polare dal Mar glaciale Siberiano alle coste orientali della Groenlandia sarebbe tuttavia dimostrata dai legnami galleggianti che si affollano lungo quelle coste, e che il Nansen dichiara di origine siberiana.

B) **Sulla esistenza di un continente antartico** (pag. 11).

Il dottore Emilio Racovitza, membro della spedizione della *Belgica* diretta dal luogotenente De Gerlache, trova una seria conferma della esistenza di un continente polare antartico nella

natura terrestre dei sedimenti di un pianoro continentale sottomarino, scoperto tra le latitudini S. di 70° e 71° 35′ e le longitudini O. di 75° e 103°, simile a quella delle regioni limitrofe; pianoro che trovasi ad una profondità media di 500 metri, con una brusca depressione di 1500 metri verso il Nord. V. *Bollettino della Società Geografica Italiana*, 1900, pag. 378.

C) Le divisioni dell'Oceano secondo alcuni autori (pag. 22).

Nella *Cosmografia generale* di Paolo Merula, pubblicata nell'anno 1605, è il primo tentativo di una classificazione delle parti liquide della superficie terrestre. Egli distingue l'*aqua mota* e l'*aqua quieta*. Della prima è detto: " Mota vel " agitatur reciproce, cujus generis sunt maria, " quae vi siderim, imprimis lunae trahuntur, vel " uno tantum agmine perpetuo defluit, ad quam " classem pertinent flumina, fontes, et id genus " alia ". E della seconda: " quieta stagnans est, " non nisi violentia ventorum agitari solita ". Del mare egli dà la seguente definizione: " mare nihil " aliud quam collectio reciprocantium aquarum " generalis ". Quanto alla classificazione, dice il Merula: " maria reciprocantia vel extima (ex- " trema) terrarum amplectuntur, vel interiora " ingrediuntur. Prioris classis Oceanus, posterioris " Maria sunt Interna ". Il Grande Oceano è da lui detto *Oceanus Occidentalis*, l'Oceano Indiano *O. Orientalis vel Eous*, l'Atlantico è diviso in

Septentrionalis ed *Australis*. Intorno ai *Maria interna* così si esprime: " Interna maria vocari " lego, commissis inter se bonorum auctorum " verbis, quae ex vasto oceano per freta non uno " loco (cioè non in aperta comunicazione) ter- " rarum penitiora ingrediuntur ". Di questi Maria interna egli accenna il Mare Mediterraneo, il Golfo Persico, il Mar Rosso, il Mar Baltico, il Mar Bianco ed il Mar Vermejo.

Bernardo Varenius divide tutto l'Oceano in " tres quasi species ", cioè: 1° *Oceani particulares sive maria*; 2° *Sinus maris sive oceani*; 3° *freta.* Riguardo ai seni, così si esprime: " Sinus maris " vel oceani dicitur pars oceani sive aqua quae " inter duas terras ex oceano vel ex alio sinu " decurrit donec ad aliquam terram sistitur ". Adunque, la caratteristica dei seni o golfi di mare sarebbe di essere situati tra masse continentali, e di comunicare coll'Oceano o con un altro golfo. La definizione dei *Freta* è la seguente: " Fretum " dicitur pars Oceani inter duas terras angusto " tractu decurrens, et duo maria connectens, sive " ab utraque extremitate cum mari conjunctum, " per quod ex uno mari in alterum navigatur ". E li divide in tre classi: " freta sunt triplicia; vel " enim conjungunt oceanum cum oceano, vel ocea- " num cum sinu: vel sinum cum sinu ".

Quattro sono, secondo il Varenius, gli *Oceani particulares*: 1° l'Oceano Atlantico, non di rado detto anche *Mar del Nort*, ma inesattamente; 2° il *Mare Pacificum*, detto comunemente *Mar del Zur*; 3° l'*Oceanus hyperboraeus* intorno alla *terra*

polaris artica; 4° l'*Oceanus Australis* intorno alla *terra australis*, del quale è parte l'*Oceanus Indicus*.

Trattando dei golfi, il Varenius accenna due divisioni, la prima morfologica, la seconda fondata sulla loro comunicazione coll'Oceano: “ Sinus “ maris sunt duplices, oblongi et lati. Alio quoque “ modo duplices sunt, nempe primarii et secun- “ darii. Illi ab Oceano, hi ab alio sinu oriuntur “ vel influunt, sive primarii sinus pars sunt vel “ ramus „. Sono accennati come *oblongi primarii* il Mediterraneo, il Baltico, il Mar Rosso, il Golfo Persico, il Golfo di California, il Golfo di Nanking; come *lati sinus* egli nomina i Golfi del Messico e del Bengala, il Golfo di Siam, il Mar Bianco, il Golfo di Carpentaria e la Baia di Hudson.

Il primo tentativo di una divisione morfologica della idrosfera si deve a Filippo Buache nella sua famosa dissertazione letta in seno all'Accademia Reale delle Scienze di Parigi nell'anno 1752, ma solo pubblicata nell'anno 1756 (1). Il celebre Accademico professa qui la teoria, già insegnata, prima di lui, da Atanasio Kircher (2), che cioè

(1) *Essai de Géographie Physique, où l'on propose des vues générales sur l'espèce de Charpente du Globe, composé des chaînes des montagnes, qui traversent les mers comme les terres; avec quelques considérations particulières sur les différens bassins de la mer et sur sa configuration intérieure.*

(2) Già nel suo *Iter exstaticum* (anno 1657), ove è parola della *ossatura telluris* e della *concatenatio montium a polo ad polum*, come pure delle catene meridiane (da Nord a Sud) e parallele (da Est a Ovest) dalla forma circolare, le quali *ad firmiorem partium nexum sibi invicem committuntur*.

i contorni ed i rilievi delle diverse parti della superficie terrestre dipendono da una specie di armatura (*charpente*) o di scheletro (*ossatura globi* in Kircher), che è visibile, nella parte emersa della litosfera, sotto forma di montagne, e, nel mare, sotto forma di isole e di scogliere.

Egli distingue tre specie di montagne:

1° Le montagne più elevate, le quali, insieme colle montagne marine (*chaînes de montagnes marines*), formano quelle grandi catene che cingono la terra nella direzione Est-Ovest, e dall'un polo all'altro.

2° Le cosidette *montagnes de revers*, di media grandezza, le quali sono rami delle precedenti, e si estendono tra i diversi bacini fluviali.

3° Le piccole catene, ovvero dorsali poco elevate (*chaînes de terrains un peu élevés*), rami delle catene mediane. Si possono anche chiamare *catene costiere*, perchè da esso sorgono i fiumi costieri.

Dopo avere discorso dei fiumi, che egli divide pure in tre classi (grandi fiumi, fiumi mediani e fiumi costieri), il Buache passa alla divisione della idrosfera. Nella quale distingue l'*Océan* (Oceano Atlantico), *La Mer des Indes* e *La Grande Mer*, ed a questi tre Oceani aggiunge due mari più piccoli, cioè *La Mer Glaciale*, ed un mare ipotetico al Polo Sud e al di là del continente antartico che, 20 anni dopo, le esplorazioni di Giacomo Cook dovevano bandire dalle carte.

Ciascuno dei tre Oceani principali è poi diviso in parecchi bacini dalle catene di montagne marine sistematicamente ammesse dal Buache. Nell'O-

ceano Atlantico immagina quattro di queste catene: la prima, dal Capo Nord (Scandinavia) alla Groenlandia passando per l'Islanda; la seconda, da Calais alla isola di Terranuova per le Isole Britanniche; la terza, dal Capo Nun (Africa occidentale) al Capo Sable (Nuova Scozia) per le isole Canarie, le Azore e Terranuova; la quarta, dal Capo Tagrin (nel Nord-Ovest della costa africana di Sierra Leone) al Capo brasiliano di Sant'Agostino, passando per l'Isola Fernando di Noronha. Nell'Oceano Indiano (La Mer des Indes), che il Buache estende ad oriente sino alla catena marina delle Marianne, egli costruisce una catena marina, che da Madagascar si sviluppa sino alla Nuova Guinea passando per Sumatra. L'America meridionale è unita colla *Nouvelle Hollande* (Australia) per mezzo di due catene: la prima, per le Marianne, giunge al Capo Corrientes (Nuova Spagna, Messico); la seconda dal paese dello Spirito Santo si estende sino a Chiloe (costa occidentale del Cile) per le isole Salomone.

Da tutto ciò il Buache è condotto alla seguente divisione:

A) Océan (Atlantico):

1° *Mer du Nord de l'Océan.*

2° *Mer du Nordouest de l'Océan* (Arcipelago del Passaggio del Nord-Ovest).

3° *Mer Atlantique de l'Océan.*

4° *Océan méridional de l'Océan.*

Ramificazioni di questa prima parte sono, ad occidente *Le Golfe du Mexique,* ad oriente *La Méditerranée* e *La Mer Baltique.*

B) La Mer des Indes:

1° *Le Golfe des Arabes* (Mar Rosso, Golfo Persico e Mare Arabico).

2° *Le Golfe de Bengale.*

3° *L'Archipel des Indes.*

C) La Grande Mer:

1° *La Mer Septentrionale du Grand Océan.*

2° *La Mer du Sud* (allo incirca tra i due tropici).

3° *La Mer Méridionale du Grand Océan.*

D) Il punto zero per le misure delle altitudini (pag. 49).

Per causa delle differenze di livello nelle acque costiere le misure delle altitudini nei diversi paesi conducono a valori non rigorosamente paragonabili. Ed anzi nello interno di un medesimo Stato queste sconcordanze possono essere abbastanza sensibili. Nella Prussia, prima del 1866, i dati delle altitudini erano riferiti, per le provincie orientali al punto zero del capisaldo di Swinemünde, e per le provincie occidentali a quello del capisaldo di Amsterdam. Colla riunione dell'Hannover, questo dualismo ipsometrico non ebbe più ragione di essere. E così dal 1879 in poi lo zero normale venne fissato a 37 metri al disotto del così detto Punto normale delle altezze (Normalhöhenpunkt) segnato sul pilastro settentrionale dell'Osservatorio di Berlino. Questo zero normale si trova a m. 0,04 al disotto del capisaldo di Amsterdam, e a m. 0,212 al disopra di

quello di Swinemünde. Nella Svizzera, paese interno, la base delle livellazioni venne fissata al Pierre du Niton presso Ginevra, la cui altitudine media, per vero non ancora determinata rigorosamente, si ritiene di m. 373,54.

E) Sulla misura della colorazione delle acque marine e dei laghi (pag. 166).

A questa misura serve la *Scala di Forel*, così detta dall'inventore, la quale è data dalla miscela di due soluzioni, l'una, azzurra, composta di un gramma di solfato di rame, 9 grammi di ammoniaca e 190 grammi d'acqua, l'altra, gialla, ottenuta sciogliendo 1 gramma di cromato potassico in 199 grammi d'acqua.

Siccome la soluzione gialla è più fortemente colorata dell'azzurra, nel fine di ottenere gradazioni a un dipresso equidistanti, si compone la scala coi numeri 0, 2, 5, 9, 14, corrispondenti alle colorazioni dell'Atlantico, del Mediterraneo, del lago di Ginevra e dei laghi azzurri, e coi numeri successivi 20, 27, 35, 44, 54 e 65, corrispondenti alle colorazioni dei laghi verdi della Svizzera settentrionale. Si ha così la scala seguente:

Grado della scala	Soluzione azzurra	Soluzione gialla
I	100	0
II	98	2
III	95	5
IV	91	9
V	86	14
VI	80	20
VII	73	27
VIII	65	35
IX	56	44
X	46	54
XI	35	65

Con queste miscele diversamente colorate si riempiono altrettanti tubetti di vetro bianco del diametro di 8 millimetri, i quali vengono poi disposti, allineati l'uno di seguito all'altro, su di un telaio (1).

Per utilizzare la Scala di Forel, è necessario evitare l'effetto di qualunque luce riflessa. Per ciò si guarda l'acqua verticalmente, ponendosi all'ombra, e spiegando al disopra dell'acqua un parapioggia nero. Se l'osservazione si fa a bordo di una nave, si cerca nella parte anteriore il luogo in cui l'onda, non ancora infranta, si inclina verso il lato oscuro della nave: per tal modo si evitano gli effetti della riflessione della luce, e si può riconoscere la vera graduazione di colore dell'acqua, alla quale si dà poi il numero del tubo contenente la miscela corrispondente a quella colorazione.

Il dottore Willi Ule, nelle sue indagini sulle colorazioni dei laghi baltici (Prussia, Pomerania Meclenburgo), notò che la Scala di Forel non è ad essi applicabile. I laghi di montagna studiati dal Forel hanno colorazioni diverse da quelle dei laghi del bassopiano germanico, nei quali domina una colorazione bruna, non contemplata nelle accennate mescolanze.

Anche il dottore Krümmel, durante la spedizione del *Plankton* a bordo della nave *National*,

---

(1) Forel, *Ricerche fisiche sui laghi d'Insubria* in " Rendiconti del Reale Istituto Lombardo ", serie II, vol. XXII, Milano 1889.

si è servito della Scala di Forel, ma raramente questa corrispose alla sua aspettazione. Il colore verde olivastro della corrente della Groenlandia orientale, ad esempio, non si addatta a nessuna gradazione di quella Scala.

L'Ule venne da ciò condotto ad allargare la Scala del Forel in modo, che vi possano essere rappresentate le colorazioni brune dei laghi germanici settentrionali. E ciò egli ottenne mediante la miscela di una soluzione bruna (5 grammi di solfato di cobalto in 100 centimetri cubi di acqua fortemente ammoniacale) e della soluzione verde analoga al numero XI della Scala di Forel. Alla quale pertanto fa seguito la Scala di Ule, e precisamente nel modo qui indicato (1):

Gradi della scala	Soluzione verde	Soluzione bruna
XI	100	0
XII	98	2
XIII	95	5
XIV	91	9
XV	86	14
XVI	80	20
XVII	73	27
XVIII	65	35
XIX	56	44
XX	46	54
XXI	35	65

F) Sulla compressibilità dell'acqua marina.

Quantunque la compressibilità dell'acqua non sia grande, e quella dell'acqua marina sia anco

(1) Ule, *Die Bestimmung der Wasserfarben in den Seen*, in *Geogr. Mitt.* vol. 38 (1892), pag. 70-71.

minore di quella dell'acqua pura, tuttavia la pressione degli strati superiori sugli inferiori esercita un'influenza notabile. Dieci metri di acqua marina corrispondono, allo incirca, alla pressione di un'atmosfera. La compressibilità diminuisce, del resto, coll'abbassamento della temperatura, e coll'aumento del grado di salsedine. Ammettendo la temperatura media di 4° C., ed una profondità media di 3500 metri, il livello del mare si abbasserebbe, in forza della compressibilità, di circa 27 metri: con una profondità media di 3800 l'abbassamento sarebbe, secondo il Tait, di 35 metri. In altre parole, se l'acqua non avesse alcuna compressibilità, la linea delle spiagge si innalzerebbe di 27 metri, e parecchi milioni di chilometri quadrati (5 milioni nella ipotesi del Tait) sarebbero inondati dalle acque dell'Oceano (1).

G) L'Ice-blink (Chiarore di ghiaccio) e il Water-Sky (Cielo d'acqua).

Si dà il nome di *Ice-blink* ad una striscia bianca luminosa, che si estende all'orizzonte superiormente agli ammassi di ghiaccio, e si distacca nettamente sul cielo, quasi sempre grigio, delle regioni polari. Questo fenomeno è attribuito alla rifrazione. Secondo le ripetute osservazioni, l' Ice-blink non si allarga mai risalendo a settentrione: questo

---

(1) Wagner, *Lehrbuch der Geographie*, vol. I, pag. 435. Di questo argomento si occuparono specialmente, oltre al Tait, i signori Grassi e Wertheim.

fatto verrebbe in appoggio della opinione che le parti ancora inesplorate, nelle vicinanze del Polo, non debbono essere coperte da una massa continua di ghiaccio. Gli Ice-blink più luminosi, con una leggiera tinta gialla, annunciano la presenza di estesi campi di ghiaccio; i ghiacci galleggianti appaiono perfettamente bianchi; il nuovo ghiaccio si mostra con un chiarore tendente al grigio. Il chiarore giallo è comune, quando al ghiaccio è sovrapposto uno spesso strato di neve.

Il *Water-sky* è una colorazione azzurra carica, o nera, del cielo, la quale si mostra sovente, sotto forma di macchie, in mezzo all'Ice-blink. Esso annuncia quasi sempre la presenza di *waken* molto estesi (pag. 242), o quella di un mare libero.

CORREZIONI.

Pag.	*linea*	*in luogo di*	*leggi*
8	20	orientale	sud-ovest
143	1 (dal fondo)	*x*	K
147	1	idrogeno	azoto
256	12	1731	1821
256	13	1885	1845

INDICE